

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
"ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ"

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ  
щодо виконання розрахунково графічної роботи з навчальної дисципліни  
«Основи електропостачання»  
для студентів зі спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка і  
електромеханіка»

Затвержено  
редакційно-видавничою  
радою університету,  
протокол № —від ————.   
Харків

НТУ «ХПІ» 2018

Методичні вказівки щодо виконання розрахунково графічної роботи з навчальної дисципліни «Основи електропостачання» для студентів зі спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка і електромеханіка»

ІЕЕЕ / укл. Д. А. Шокарьов. – НТУ «ХП», 2018. - 53с.

Укладач: Д. А. Шокарьов

Рецензент: К. В. Махотило

Кафедра електричні станції

## **1 Мета роботи**

Розрахунково графічна робота з курсу «Основи електропостачання» для студентів зі спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка і електромеханіка» виконується з метою поглиблення знань за фахом і набуття практичних навичок проектування систем електропостачання промислових підприємств, уміння користуватися нормативною, довідковою і навчальною літературою.

## **2 Загальні вказівки**

Вибір варіанта. Завдання до роботи містить у собі 7 варіантів цехів промислових підприємств (ПП) із зазначенням найменування електроприймачів і плану їх розташування. У таблиці завдання зазначено 10 варіантів різних значень номінальних навантажень електроприймачів по кожному цеху /додаток 2/. Вибір варіанта завдання й електроприймача, для ланцюга живлення якого розраховують струми короткого замикання й вибирають апарати захисту, виконується за вказівкою викладача.

Завданням передбачено: складання схеми електропостачання цеху, визначення розрахункового навантаження окремих груп електроприймачів і навантаження на шини напругою 0,4 кВ цехової трансформаторної підстанції (ТП) методом упорядкованих діаграм (у цеху встановлене електроустаткування напругою 380 В), вибір кількості, потужності й типу трансформаторів ТП (з урахуванням компенсації реактивної потужності), вибір електроустаткування системи електропостачання цеху.

Проект повинен містити наступний матеріал:

1. Завдання.
2. Пояснювальну записку.
3. Графічну частину.

У складі пояснювальної записки повинні бути наступні розділи:

1. Складання схеми електропостачання цеху.

2. Визначення розрахункового навантаження груп електроприймачів і на шинах ТП.
3. Визначення кількості, потужності і типу силових трансформаторів з урахуванням компенсації реактивної потужності. Обґрунтування схеми цехової ТП.
4. Вибір електроустаткування системи електропостачання цеху.
5. Розрахунок струмів короткого замикання в розподільній мережі цеху.
6. Вибір апаратів захисту елементів розподільної мережі цеху.
7. Використана література.

Обсяг і оформлення. Пояснювальну записку обсягом 20-30 аркушів варто оформляти за прийнятим у НТУ (ХПІ) стандартом СТП - ХПІ - 4 - 78 на аркушах паперу для письма форматом А4. Аркуші повинні мати поля : ліве - 25 мм, праве - 10мм, верхнє і нижнє - 20 мм. Текст може бути друкованим чи рукописним ДСТ 2.701 - 754. У тексті записки повинні бути посилання на літературу, рисунки, формули потрібно пронумерувати. Усі рисунки повинні мати пояснювальний напис і посилання в тексті пояснювальної записки.

Пояснювальна записка повинна містити титульну сторінку, завдання, реферат, зміст, основну (розрахункову) частину, список літератури, додатки. Усі сторінки записки, починаючи зі змісту, нумерують арабськими цифрами. Рисунки, таблиці, розташовані на окремих аркушах, список літератури і додатки включають до загальної нумерації сторінок. Записка повинна містити обкладинку, на якій розміщують назву.

Перед виконанням розділів рекомендується ознайомитися з методичними вказівками до кожного з них. Усі вихідні дані й результати розрахунку заносять до таблиці. Розрахунки варто виконати із застосуванням розмірностей міжнародної системи одиниць СІ.

Зміст основної частини пояснювальної записки складається у вигляді розділів, підрозділів, пунктів, підпунктів. Розділи повинні мати порядкові номери, позначені арабськими цифрами з крапкою в межах розділу.

Графічна частина курсового проекту виконується відповідно до стандартів ЄСКД на міліметровому чи креслярському папері форматом А4 чи А3 (у записці) і на креслярському папері форматом А1 чи А2 і повинна містити:

1. План розташування устаткування цеху із зазначенням номінальної потужності приймачів електроенергії (ПЕЕ) і схемою розподілу електроенергії.
2. Електрична схема розподільної мережі цеху.
3. Розрахункову схему струмів короткого замикання.
4. Схему заміщення для розрахунків струмів короткого замикання.

### **3 Методичні вказівки щодо виконання розділів**

#### 3.1 Складання схеми електропостачання цеху.

Під час розробки схеми електропостачання споживачів цеху керуються нижче - перерахованими положеннями.

Цехові мережі ПП виконуються на напругу до 1 кВ (частіше 380В).

На вибір схеми і конструктивне виконання цехової мережі впливають такі фактори, як категорія надійності живлення ПЕЕ, розміщення на території цеху, номінальні струми і напруги. При виборі ступеня захисту (1РХХ) застосовуваного устаткування необхідно враховувати мікроклімат виробничого приміщення ([1], стор.171).

Цехові мережі розподілу електроенергії повинні:

- забезпечувати необхідну надійність електропостачання ПЕЕ залежно від їхньої категорії;
- бути зручними і безпечними в експлуатації;
- мати конструктивне виконання, що забезпечує застосування індустріальних і швидкісних методів монтажу.

Схеми цехових мереж поділяються на магістральні й радіальні.

Магістральні схеми застосовуються при рівномірному розподілі навантаження по площі цеху. Розрізняють головну магістраль і розподільні магістралі.

Розподільні магістралі призначені для живлення приймачів малої й середньої потужності, які рівномірно розподілені вздовж лінії магістралі. Такі схеми виконують за допомогою комплектних шинопроводів типу ШРА на струми до 630А (додатки 1 табл. Д1.6 й Д1.8; [1] табл.7.4; [2] табл.5.1; [7] табл.3.4-3.7). Живлення їх здійснюють від головних магістралей або РУ нижчої напруги цехових ТП ( [7] табл. П.3.4-3.6 ).

Широко застосовують магістральні схеми типу блока трансформатор-магістраль (БТМ), де відсутнє РУ нижчої напруги на цехові ТП, а магістраль підключається безпосередньо до цехового трансформатора через вступний автоматичний вимикач (АВ). При двотрансформаторній ТП і схемі БМТ між магістралями для взаємного резервування встановлюють перемичку з АВ.

У великих цехах із трансформаторами потужністю 1600 і 2500 кВт й розосередженими навантаженнями застосовують магістральні схеми з декількома магістралями, що живляться від одного трансформатора. Цехова ТП при цьому повинна мати РУ нижчої напруги з АВ для кожної магістралі.

При рівномірному розташуванні електроприймачів цеху рекомендується для їхнього підключення застосовувати магістралі, що проходять уздовж їхніх рядів.

Радіальна схема електропостачання являє собою сукупність ліній цехової електричної мережі, що відходять від РУ нижчої напруги ТП і призначені для живлення потужних ПЕЕ (двигуни) чи невеликих груп ПЕЕ від розподільних пунктів (РП), розташованих у різних місцях цеху. Радіальні схеми електропостачання застосовують у тих випадках, коли неможливо застосувати магістральні схеми.

Розподіл електроенергії до окремих споживачів при радіальних схемах здійснюється самостійними лініями від РП, розташованих у центрі електричних

навантажень даної групи споживачів. Рекомендується використовувати як найбільш дешеві РП із запобіжниками (типів СП, СПУ, ШРСУЗ).

Прикладами радіальних схем є мережі живлення насосних чи компресорних станцій, а також мережі вогнебезпечних, вибухонебезпечних і курних виробництв. Розподіл енергії в них провадиться радіальними лініями від розподільних пунктів, винесених до окремих приміщень.

Цехову трансформаторну підстанцію доцільно розміщати поблизу *центра електричних навантажень (ЦЕН)* цеху, координати якого  $x$  і  $y$  визначаються відповідно до виразів

$$x = \frac{\sum P_{pi} x_i}{\sum P_{pi}} ; \quad y = \frac{\sum P_{pi} y_i}{\sum P_{pi}} ; \quad (1)$$

де  $P_{pi}$  - розрахункова потужність  $i$ -го ПЕЕ цеху;

$x_i, y_i$  - координати  $i$ -го ПЕЕ цеху [1, 3].

Як розрахункову потужність при визначенні ЦЕН для одиночних ПЕЕ з тривалим режимом роботи використовується його номінальна (встановлена) потужність, тобто  $P_p = P_n = P_{уст}$ . Для ПЕЕ з повторно-короткочасним режимом [2, 11]  $P_p = P_{уст} = P_n \sqrt{ПВ}$ .

У даний час цехові ТП виконуються комплектними (КТП) і у всіх випадках, коли цьому не перешкоджають умови навколишнього середовища й обслуговування, встановлюються відкрито.

Відповідно до вищевикладених рекомендацій намітити місце розміщення ТП на плані цеху і скласти схему електропостачання цеху.

#### Приклад підключення електроспоживачів цеху.

На рис.1 показаний план розташування електроспоживачів цеху. Споживачів, розташованих рядами (ПЕЕ №1-10 і №11-16), підключаємо від розподільних магістралей ШРА1 і ШРА2. Групу споживачів №17-19 підключаємо до розподільного пункту РП, що у свою чергу підключений до цехового ТП за радіальною схемою кабелем. На рис.2 показана електрична схема живлення споживачів цеху.

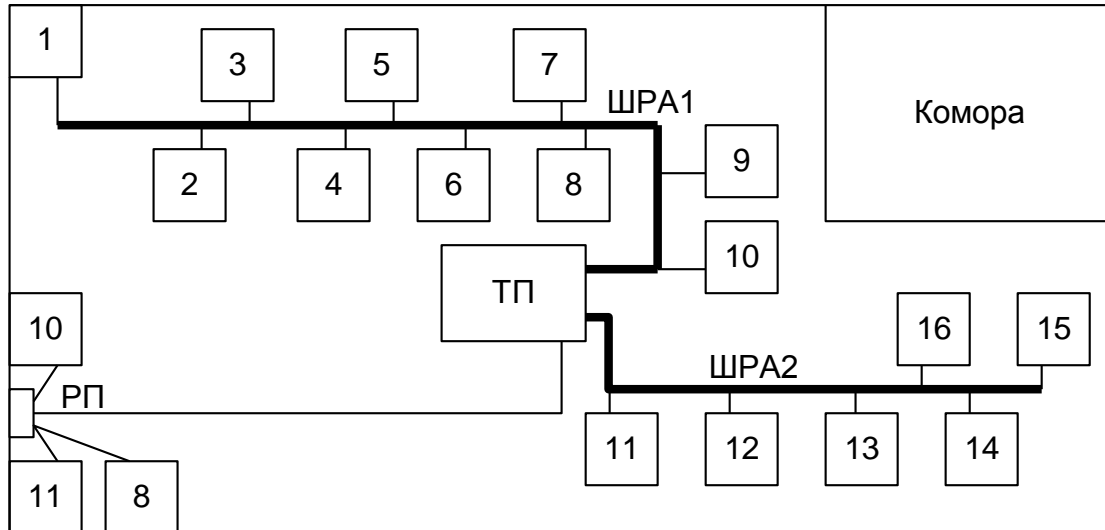


Рис. 1- План розташування електроспоживачів цеху

Вихід трансформатора підключений до розподільного пристрою низької напруги РУ через фідерний автоматичний вимикач АВ1. Розподільні магістралі й кабельна лінія до розподільного пункту РП підключені через автоматичні вимикачі АВ2 - АВ4. Споживачі підключені короткими кабельними лініями через індивідуальні автоматичні вимикачі в коробках шинопроводів, що відгалужують, або запобіжники розподільних пунктів.



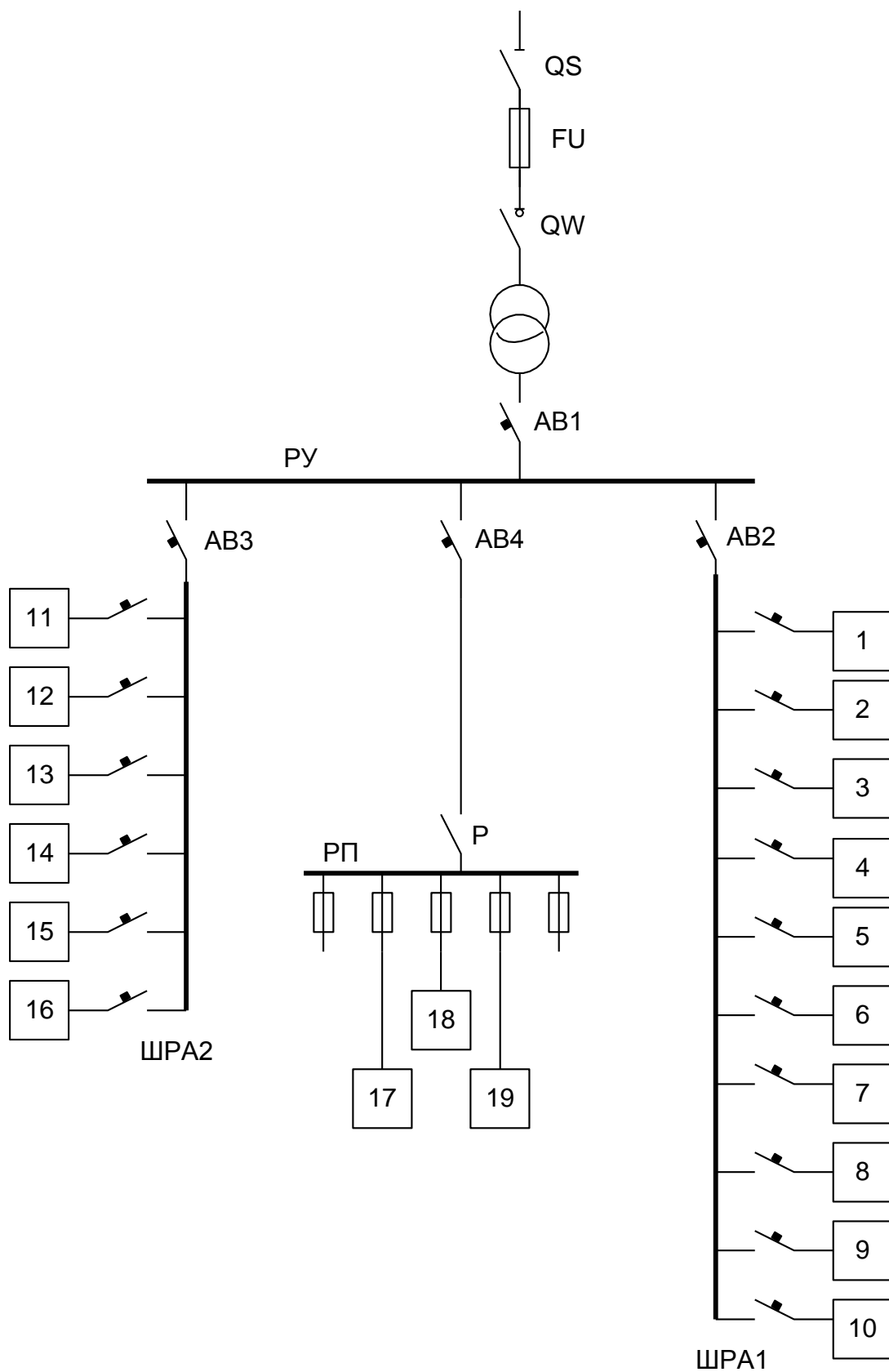


Рис.2-Електрична схема живлення споживачів цеху

### 3.2 Визначення розрахункового навантаження окремих груп ПЕЕ і навантаження на шинах напругою 0,4 кВ цеховий ТП методом упорядкованих діаграм.

3.2.1 Послідовність розрахунків силових навантажень систематизована у вигляді таблиці, розробленої ВНИПИ «Тяжпромелектропроект» ([5], табл.4). У додатках в табл. Д1.16 показаний приклад її заповнення. До графі 1 записують найменування вузла, для якого визначаються електричні навантаження (живильна лінія, розподільна чи головна магістраль, цехова ТП, секція розподільного щита, РУ і под.), до наступних граф - найменування груп ПЕЕ одного режиму роботи (з однаковими значеннями коефіцієнтів використання  $k_e$  і коефіцієнтів потужності  $\cos\varphi$ ), що живляться від даного вузла. Причому ПЕЕ різних груп, підключених до даного вузла, заносять до таблиці в такій послідовності:

- 1) ПЕЕ із перемінним графіком навантажень, якщо коефіцієнт використання  $k_e < 0.6$  (електроприводи верстатів, зварювання);
- 2) ПЕЕ повторно-короткочасного режиму (крани);
- 3) ПЕЕ з практично постійним графіком навантаження, якщо  $k_e \geq 0.6$  (вентилятори, насоси, транспортери і т.д.).

Приклади ПЕЕ, що належать до різних груп, і відповідні їм середні значення коефіцієнтів використання  $k_e$  і коефіцієнтів потужності  $\cos\varphi$ ,  $\tan\varphi$ , подані в [2, 4].

3.2.2 Визначення середньої активної й реактивної потужності за найбільш завантажену зміну:

$$P_{cn} = k_e P_{вст}, \quad Q_{cn} = P_{cn} \tan\varphi_{cn}, \quad (2)$$

де  $P_{cn}$  - середня активна потужність, кВт;

$P_{вст}$  - сумарна встановлена потужність групи електроприймачів, кВт;

$Q_{cn}$  - середня реактивна потужність, кВАр;

$\tan\varphi_{cn}$  - середнє значення коефіцієнта реактивної потужності за найбільш завантажену зміну [2, 4].

Для ПЕЕ (чи групи ПЕЕ) із тривалим режимом роботи

$$P_{вст} = P_n \text{ чи } P_{вст} = \Sigma P_n, \quad (3)$$

для ПЕЕ з повторно-короткочасним режимом

$$P_{вст} = P_n \sqrt{ПВ}, \quad (4)$$

за наявності в групі електроприймачів різних режимів роботи

$$P_{cn} = \Sigma p_{cn} = \Sigma (k_{\phi} P_{вст}), \quad Q_{cn} = \Sigma (p_{cn} \operatorname{tg} \varphi_{cn}). \quad (5)$$

3.2.3 Визначення коефіцієнта використання та коефіцієнта потужності для групи ПЕЕ:

$$k_{\phi_{zp}} = \Sigma (k_{\phi} P_{вст}) / \Sigma P_{вст}, \quad \cos \phi_{zp} = \cos \phi_{zp} P_{вст} / \Sigma P_{вст}. \quad (6)$$

3.2.4 Визначення ефективного числа електроприймачів  $n_{ef}$  ([2], с.20):

$$n_{ef} = \{\Sigma P_n\}^2 / \Sigma P_n^2, \quad (7)$$

Спрощені способи визначення  $n_{ef}$ , викладені в [2, 5]. Якщо  $n_{ef}$  більше дійсного числа електроприймачів  $n$ , беремо  $n_{ef} = n$ .

Ефективне число електроприймачів визначається для груп електроприймачів з коефіцієнтами використання  $K_{\phi} < 0.6$  та  $K_{\phi} \geq 0.6$  окремо.

3.2.5 Визначення коефіцієнта максимуму активної потужності  $\kappa_m$  за довідковими таблицями (табл. Д1.1)

$$\kappa_m = f(k_{\phi_{zp}}, n_{ef}). \quad (8)$$

3.2.6 Визначення розрахункової активної потужності  $P_p$

$$P_p = \kappa_m P_{cn}. \quad (9)$$

3.2.7 Визначення реактивного розрахункового навантаження  $Q_p$ :

$$Q_p = Q_{cn}, \text{ якщо } n_{ef} \geq 10, \\ Q_p = 1.1 Q_{cn}, \text{ якщо } n_{ef} < 10. \quad (10)$$

3.2.8 Визначення повної розрахункової потужності  $S_p$  і розрахункового струму  $I_p$ :

$$S_p = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2}, \quad I_p = S_p / \sqrt{3} U_n. \quad (11)$$

3.2.9 Розрахункова потужність електричного висвітлення визначається за питомою потужністю:

$$P_p^o = k_c P_{\gamma o} F, \quad (12)$$

де  $P_p^o$  - розрахункова потужність, необхідна для освітлення цеху, кВт;

$P_{\text{нум}}$  - питома норма освітленості цеху, кВт/м<sup>2</sup> ([4], табл.24, 22);

$k_c$  - коефіцієнт попиту освітлювального навантаження ([4], табл.24, 31);

$F$  - площа цеху, обумовлена за планом цеху, м<sup>2</sup>.

При розрахунку можна взяти  $P_{\text{нум}}=0.005$  кВт/м<sup>2</sup>,  $k_c=0.9$ .

3.2.10 Повна розрахункова потужність цеху (на шинах 0.4 кв ТП)  $S_{p\Sigma}$ , кВА:

$$S_{p\Sigma} = \kappa_{pm} \sqrt{P_{p\Sigma}^2 + Q_{p\Sigma}^2}, \quad P_{p\Sigma} = \Sigma P_p + P_p^o, \quad Q_{p\Sigma} = \Sigma Q_p + Q_p^o, \quad (13)$$

де  $P_{p\Sigma}$  - сумарна активна розрахункова потужність цеху, кВт;

$Q_{p\Sigma}$  - сумарна реактивна розрахункова потужність цеху, кВАр;

$\kappa_{pm}$  - коефіцієнт сполучення розрахункових максимумів окремих груп електроприймачів цеху ( $\kappa_{pm}=0,8...1,0$ ).

### 3.3 Визначення кількості, потужності і типу силових трансформаторів з урахуванням компенсації реактивної потужності.

При визначенні кількості, потужності й типу трансформаторів цехових ТП варто врахувати: категорію надійності електропостачання ПЕЕ; компенсацію реактивної потужності на напрузі до 1 кв; перевантажувальну здатність трансформаторів у нормальному й аварійному режимах; кроку стандартних потужностей; економічність режимів роботи трансформаторів у залежності від графіка навантаження.

Однотрансформаторні підстанції рекомендується застосовувати за наявності в цеху в основному споживачів 3-ї категорій і припустимі для споживачів 2-ї категорій (якщо припустимий переривши електропостачання на час заміни трансформатора).

Двотрансформаторні підстанції рекомендується застосовувати в наступних випадках:

- якщо переважають споживачі 1-ї категорії;
- при живленні від цехової ТП об'єктів загальнозаводського призначення (компресорних і насосних станцій);
- для цехів з високою питомою щільністю навантажень (вище 0.5-0.7кВА/м<sup>2</sup>).

Іноді виявляється доцільним застосування двохтрансформаторної підстанції при нерівномірному добовому чи річному графіку навантажень. У цьому випадку можна змінювати приєднану потужність трансформаторів, використовуючи їх для більш раціонального режиму роботи.

Цехові ТП із кількістю трансформаторів більш двох використовуються тільки за умови належного обґрунтування.

Цехові трансформатори мають наступні номінальні потужності: 100, 160, 250, 400, 630, 1000, 1600, 2500 кВт (ДСТ 14209-85).

Номінальну потужність трансформатора  $S_{нтр}$  **без урахування компенсації реактивної потужності** вибирають з умови

$$S_{нтр} \geq \frac{S_{p\Sigma}}{N_m K_3}, \quad (14)$$

де  $K_3$  - коефіцієнт завантаження трансформатора;

$N_{mp}$ - кількість трансформаторів на ТП;

$S_{p\Sigma}$  - повна розрахункова потужність цеху, кВА.

Рекомендується [1] брати наступні коефіцієнти завантаження трансформаторів:

- якщо переважають навантаження 1-ї категорії для двох трансформаторної ТП, приймають  $K_3=0.65-0.7$ ;
- якщо переважають навантаження 2-ї категорії для однострансформаторних ТП у випадку взаємного резервування трансформаторів на нижчій напрузі, приймають  $K_3=0.7-0.8$ ;

- якщо переважають навантаження 2-ї категорії і наявний централізований (складський) резерв трансформаторів, а також при навантаженнях 3-ї категорії, приймають  $K_3=0.9-0.95$ .

У перших двох випадках значення коефіцієнтів завантаження трансформаторів визначені з умови їхнього взаємного резервування в аварійному режимі з урахуванням припустимого перевантаження трансформатора, що залишився в роботі.

Потужність трансформаторів цехових ТП може бути знижена **при компенсації реактивної потужності** на боці нижчої напруги.

Визначимо потужність конденсаторної установки за критерієм зниження потужності цехових трансформаторів [5]. Необхідна потужність трансформатора  $S_{нпр}$  для живлення заданого максимального активного навантаження цеху  $P_{p\Sigma}$  повинна відповідати умові

$$S_{нпр} \geq \frac{P_{p\Sigma}}{N_m K_3} \kappa_{pm}, \quad (15)$$

де  $K_3$  - коефіцієнт завантаження трансформатора;

$N_{mp}$  - кількість трансформаторів на ТП;

$P_{p\Sigma}$  - активна розрахункова потужність цеху, кВА;

$\kappa_{pm}$  - коефіцієнт сполучення розрахункових максимумів окремих груп електроприймачів цеху, що був прийнятий раніше.

Потужність трансформатора вибираємо зі стандартного ряду ([9], стор. 289; [10], стор. 71; додатки, табл. П1.2). Якщо номінальна потужність трансформатора, вибраного за умовою (15) знизилася порівняно з номінальною потужністю трансформатора, вибраного за умовою (14), установлення компенсаційних пристроїв на стороні 0.4 кв доцільна.

Виходячи з прийнятої потужності трансформатора, за виразом

$$Q_{mp} = \sqrt{(N_m K_3 S_{нпр})^2 - P_{p\Sigma}^2} \quad (16)$$

визначимо реактивну потужність  $Q_{mp}$ , яку можна передати через трансформатор. Отриманому значенню відповідає потужність конденсаторної установки напругою до 1000 В, що визначають за формулою

$$Q_{к.н} = Q_{p\Sigma} - Q_{mp} . \quad (17)$$

Потужність конденсаторної установки напругою 380 В вибирають зі стандартного ряду 50, 75, 100, 150, 225, 300, 450, 600 кВАр (табл. Д1.3; [5] табл.75) чи проектують регульованими по 150 кВАр (табл. Д1.4).

Конденсаторні установки можуть бути встановлені як на ТП, так і в окремих потужних ПЕЕ.

Навести паспортні дані вибраних трансформаторів цехової ТП (табл. Д1.2; [9]).

Найбільш простою і надійною **схемою підключення** однотрансформаторної підстанції потужністю до ГПП чи ГРП підприємства є підключення за радіальною схемою без збірних шин на боці ВН з вимикачами навантаження чи запобіжниками на боці ВН і з автоматами чи рубильниками із запобіжниками на боці НН [2].

Двотрансформаторна підстанція має дві секції збірних шин, секційний вимикач, який у нормальному режимі відключений, і кожна секція шин живиться від свого вводу. При аварійному відключенні одного з вводів за допомогою пристрою АВР вмикається секційний вимикач і електропостачання ТП переводиться на один ввід.

Застосовування вимикачів навантаження, які здатні відключати робочі струми трансформаторів, замість силових вимикачів невеликої та середньої потужності здійснюється з метою зниження вартості розподільного пристрою 6-10кВ.

Для відключення струмів короткого замикання, що перевищують припустимі значення для вимикачів навантаження, останні комплектуються кварцовими запобіжниками типу ПК. Такий комплект одержав назву ВНП. Під час проектування необхідно враховувати, що при кожному відключенні вимикача навантаження відбувається знос газогенеруючих дугогасних

вкладишів, що обмежують кількість відключень струмів КЗ.

Апарати ВНП можуть застосовуватися для приєднання трансформаторів потужністю до 1600 кВА.

Рекомендується установа вимикача навантаження після запобіжника, вважаючи по напрямку струму від джерела живлення, що варто мати на увазі при кресленні однолінійної схеми з'єднань підстанції. Перевага такої схеми полягає в тому, що, якщо при відключенні вимикача навантаження виникнуть неполадки, наприклад, затягування дуги внаслідок зносу вкладишів, випадкове перевищення струму над паспортними значеннями, то запобіжники практично миттєво відключать дану лінію й аварія, що виникла, обмежиться межами тільки даної камери і не пошириться на весь розподілений пристрій. Таке установа запобіжників забезпечує можливість безпечного огляду і ревізії вимикача навантаження при вийнятих запобіжниках.

Вимикачі навантаження вибирають за напругою  $U_{ном}$ , номінальним тривалим струмом  $I_{ном}$ . При виборі апаратів ВНП у РУ 6—10кВ необхідно враховувати недостатню чутливість запобіжників до перевантажень. Тому застосування апаратів ВНП повинне супроводжуватися установам відповідних релейних захистів від перевантажень у схемі блока лінія-трансформатор.

В ОРУ 10-110кВ рекомендується застосування запобіжників, що стріляють. Потужність трансформаторів, які захищаються запобіжниками, що стріляють, обмежена значеннями 4000-6300 кВА. У закритих приміщеннях установа їх не допускається.

Найбільша потужність запобіжників, ПК, ПКН (для зовнішньої установки), ПКЕ (для екскаваторів) складає 200МВА; ПКУ (посилений) на 6-10кВ - 350 МВА, на 35кВ - 500МВА.



Таблиця 1- Рекомендована відповідність струмів запобіжників ПК та електроприймачів

Номінальний струм електроприймача, А	Номінальний струм плавкої вставки запобіжника, А	Номінальний струм електроприймача, А	Номінальний струм плавкої вставки запобіжника, А
0.5	2	20	40
1	3	30	50
2	5	55	75
3	7.5	70	100
5	10	100	150
8	15	145	200
10	20	210	300
15	30	300	400

Таблиця 2- Умови вибору запобіжників вище 1кВ

Розрахунковий параметр ланки	Каталожні дані роз'єднувачів	Умови вибору
$U_{\text{встан}}$	$U_{\text{ном}}$	$U_{\text{встан}} \leq U_{\text{ном}}$
$I_{\text{роб.мах}}$	$I_{\text{ном}}$	$I_{\text{роб.мах}} \leq I_{\text{роб.мах}}$
$I_{\text{по}}$	$I_{\text{відкл.ном}}$	$I_{\text{по}} \leq I_{\text{відкл.ном}}$

Номінальні струми плавких вставок запобіжників ПК варто вибирати так, щоб не виникало помилкове спрацювання запобіжника внаслідок поштовхів струму при вмиканні трансформатора на невелике навантаження, а також при вмиканні електродвигунів чи батарей конденсаторів. Для виконання цієї умови струм плавкої вставки вибирається в 1,4—2,5 раза більше номінального струму електроприймача, що захищається. З врахуванням цього вибір запобіжника варто робити на основі даних табл.1.

При виборі запобіжників варто звернути особливу увагу на те, що їх можна застосовувати лише в мережах і електроустановках з напругою, що відповідає номінальній напрузі запобіжника. Застосування запобіжників з

номінальною напругою, відмінною (більшою чи меншою) від номінальної напруги мережі, не допускається. Умови вибору запобіжників наведені в табл.2, у ній  $I_{відкл.н.}$  — граничний (найбільший) струм відключення запобіжника, А.

### 3.4 Вибір електроустаткування системи електропостачання цеху.

#### 3.4.1 Вибір комплектних шинопроводів (табл. Д1.6, Д1.8; [1] с. 184).

Комплектні шинопроводи для головних магістралей (типу ШМА) і розподільних магістралей (типу ШРА) вибирають за розрахунковим струмом  $I_p$  на початку ліній з умови

$$I_p \leq I_{ном}, \quad (18)$$

де  $I_{ном}$  — номінальний струм шинопроводу.

Втрату напруги в шинопроводі визначають за формулою,

$$\Delta U = \sqrt{3} \cdot \Sigma I_p l \cdot (r_{yd} \cos \varphi + x_{yd} \sin \varphi), \quad (19)$$

де  $\Sigma I_p l$  - сума моментів токових навантажень шинопроводу, Акм;

$r_{yd}$ ,  $x_{yd}$  — відповідно питомі активний та індуктивний опори шинопроводу, Ом/км.

Комплектні шинопроводи перевіряють на електродинамічну стійкість за умовою

$$i_{yd} < i_{yd, доп}, \quad (20)$$

де  $i_{yd, доп}$  - припустимий ударний струм КЗ для даного типу шинопроводу;

$i_{yd}$  - розрахунковий ударний струм КЗ на початку шинопровода.

#### 3.4.2. Вибір кабельних і провідникових ліній розподільної мережі.

Відповідно до вимог ПУЕ, перетин проводів і жил кабелів цехової мережі вибирають за нагріванням і за економічною щільністю струму.

*Вибір перетину провідників за нагріванням* повинен здійснюватися з урахуванням не тільки нормальних, але і після аварійних режимів, коли можливий нерівномірний розподіл струмів між лініями або секціями шин. Під час перевірки на нагрівання береться півгодинний максимум струму

(розрахунковий струм)  $I_p$ , у після аварійному режимі - розрахунковий струм важкого режиму  $I_{p,важ.реж}$ .

Припустимий тривалий струм провідника за умовою нагрівання  $I_{тр.прин}$  з урахуванням умов його прокладки, визначений за таблицями глави 1.3 ПУЕ ([2] табл.5.5 - 5.8 ), повинен відповідати умові

$$I_{тр.прин} \geq I_{p,важ.реж} . \quad (21)$$

Перетини провідників мережі до 1000 В повинні бути перевірені за економічною щільністю струму, відхиленням напруги в споживачів, термічною стійкістю при струмах КЗ.

Під час перевірки за економічною щільністю струму економічно доцільний перетин  $S$ , мм<sup>2</sup> визначається зі співвідношення

$$S = \frac{I_p}{j_{ек}} , \quad (22)$$

де  $I_p$  - розрахунковий струм нормального режиму роботи, А;

$j_{ек}$  - нормоване значення економічної щільності струму, А/мм<sup>2</sup>, для заданих умов роботи, вибране за табл. 1.3.36 ПУЕ.

Відповідно до п.1.3.28 ПУЕ, перевірки за економічною щільністю струму не підлягають:

- мережі промислових підприємств напругою до 1000 В при числі використання максимуму навантаження до 4000-5000;
- відгалуження до окремих ПЕЕ до 1000 В;
- освітлювальні мережі;
- збірні шини електроустановок і ошиновка в межах ОРУ і ЗРУ;
- провідники, що йдуть до резисторів, пускових реостатів і под.;
- мережі тимчасових споруджень і з терміном служби 3-5 років.

Перевірка на припустиме відхилення напруги в споживачів для мереж до 1000 В є визначальною при виборі площі перетину провідників.

Відхилення напруги визначається як різниця між фактичним  $U$  і номінальним  $U_n$  значеннями напруги

$$V = U - U_n, \text{ чи } V\% = 100(U - U_n) / U_n. \quad (23)$$

Значення фактичної напруги  $U$  у споживача визначається з урахуванням напруги джерела живлення  $U_{un}$  (на виході трансформатора) і спадання напруги в лінії  $\Delta U$

$$U = U_{un} - \Delta U, \quad (24)$$

$$\Delta U = \sqrt{3} \cdot I_p (r \cos \varphi + x \sin \varphi), \quad (25)$$

де  $r, x$  – відповідно активний та індуктивний опори лінії, Ом;

$\cos \varphi$  - коефіцієнт потужності наприкінці лінії.

Припустиме відхилення напруги для асинхронних двигунів  $\pm 5\%$ , для освітлювальних мереж промислових підприємств  $-2.5\%, +5\%$ .

За режимом короткого замикання в електроустановках до 1000 В повинні перевірятися, відповідно до вимог ПУЕ, тільки розподільні щити і силові шафи (п.1.4.2. ПУЕ).

### 3.4.3 Вибір розподільних шаф пунктів.

Для прийому і розподілу електроенергії до груп споживачів три фазного змінного струму напругою 380 В застосовують силові розподільні шафи і пункти.

Для шаф з нормальними умовами навколишнього середовища виготовляють шафи серій СП-62 і ШРС1-20УЗ (захищені виконання), а для курних і вологих – шафи виконання СПУ-62 і ШРС1-50УЗ (закриті виконання). Шафи мають на ввіді рубильник, а на виводах – запобіжники типу ПН2 чи НПН2. Номінальні струми шаф СП-62 і ШРС1-20УЗ складають 250 і 400 А, а шаф СПУ-62 і ШРС1-50УЗ - 175 і 280 А. Основні технічні характеристики шаф наведені в додатках табл. Д1.10 й [1] табл.7.7 і 7.8.

Розподільні пункти серії ПР-9000 комплектуються автоматичними вимикачами (однополюсними А3161 і триполюсними А3163 на номінальний струм 50А з тепловими розчіплювачами; із триполюсними автоматичними вимикачами на номінальні струми 100 А (А3120) і 200 А (А3130) з

комбінованими (тепловими й електромагнітними) розчіплювачами. Номінальні струми пунктів серії ПР-9000 складають 50, 100, 200 і 600 А.

### 3.5 Розрахунки струмів короткого замикання.

#### 3.5.1 Загальні положення.

Для вибору апаратів і провідників, для визначення впливу на несучі конструкції при розрахунку струмів КЗ виходять з наступних положень. Усі джерела, що беруть участь у живленні розглянутої точки, працюють з номінальним навантаженням. Синхронні машини мають автоматичні регулятори напруги і пристрої швидкодіючого форсування збудження. Коротке замикання настає в такий момент часу, при якому струм КЗ має найбільше значення. Електрорушійні сили всіх джерел живлення збігаються за фазою. Розрахункова напруга кожного ступеня береться на 5% вище номінальної напруги мережі (середня номінальна напруга  $U_{cp}$ ), а саме: 515; 340; 230; 154; 115; 37; 24; 18; 15,57; 13,8; 10,5; 6,3; 3,15, 0,69; 0,525; 0,4; 0,23; 0,133 кВ.

Враховують вплив на струми КЗ, приєднаних до даної мережі синхронних компенсаторів, синхронних і асинхронних електродвигунів. Вплив асинхронних електродвигунів на струми КЗ не враховують при одиничній потужності електродвигунів до 100 кВт, якщо електродвигуни віддалені від місця КЗ одним ступенем трансформації, а також при будь-якій потужності, якщо вони віддалені від місця КЗ двома чи більше ступенями трансформації, якщо струм від них може надходити до місця КЗ тільки через ті елементи, через які проходить основний струм КЗ від мережі та, які мають істотний опір (лінії, трансформатори).

В електроустановках напругою вище 1кВ враховують індуктивні опори електричних машин, силових трансформаторів і автотрансформаторів, реакторів, повітряних і кабельних ліній, струмопроводів. Активний опір варто враховувати тільки для повітряних ліній із проводами малих перетинів і сталевими проводами, а також для протяжних кабельних мереж малих перетинів з великим активним опором.

В електроустановках напругою до 1кВ враховують індуктивні й активні опори всіх елементів короткозамкнутого кола (перехідні контакти апаратів, струмові котушки, перехідні опори, несиметрія фаз і т.д.). При цьому слід зазначити, що вплив опору енергосистеми на результати розрахунку струмів КЗ на боці до 1кВ невеликий. Тому в практичних розрахунках опором на боці 6-10 кВ часто зневажають, вважаючи його таким, що дорівнює нулю. У випадку живлення електричних мереж напругою до 1кВ від понижуючих трансформаторів при розрахунку струмів КЗ варто виходити з умови, що підведена до трансформатора напруга незмінна і дорівнює її номінальному значенню.

**Розрахункова схема** для визначення струмів КЗ являє собою схему в однолінійному виконанні, у якій введені генератори, компенсатори, синхронні й асинхронні електродвигуни, що чинять вплив на струм КЗ, а також елементи системи електропостачання (лінії, трансформатори, реактори), що зв'язують джерела електроенергії з місцем КЗ. При складанні розрахункової схеми для вибору електричних апаратів і провідників і визначення при цьому струмів КЗ варто виходити з умов, що передбачаються для даної електроустановки при тривалому часі її роботи.

За розрахунковою схемою складають **схему заміщення**, у якій трансформаторні зв'язки заміняють електричними. Елементи системи електропостачання, що зв'язують джерела електроенергії з місцем КЗ, вводять до схеми заміщення опорами, а джерела енергії – опорами і ЕРС. Опори і ЕРС схеми заміщення повинні бути зведені до одного ступеня напруги (основний ступінь). У практичних розрахунках за основну зручно брати ступінь, де визначаються струми КЗ. Параметри елементів схеми заміщення можна виражати в іменованих чи відносних одиницях.

### 3.5.2 Коротке замикання в мережах напругою до 1кВ.

У мережах до 1кВ варто враховувати активні й індуктивні опори елементів ланки КЗ: силових трансформаторів, кабельних ліній, шинопроводів,

первинних обмоток трансформаторів струму, струмових котушок автоматичних вимикачів, різних контактних з'єднань, дуги в місці КЗ. Розрахунок струмів КЗ у мережах і установках до 1000 В зручніше звести в іменованих величинах, виражаючи опір елементів у міліОмах (mОм).

Через віддаленість місця КЗ у мережі до 1кВ від джерела живлення періодична складова струму КЗ незмінна в часі. Фізично це зумовлено тим, що КЗ у мережі до 1кВ через великий індуктивний опір цехового трансформатора сприймається в мережі від 6-10 кВ як невелике збільшення навантаження, невідчутне в мережі 110кВ.

Опір системи, що відноситься до її потужності, складається з послідовно з'єднаних елементів: генераторів, трансформаторів, що змінюють напругу, ліній електропередачі. Коли необхідні дані про енергосистему відсутні, розрахунки проводять за граничним струмом вимикання  $I_{відкл}$  вимикачів, встановлених на шинах зв'язку з енергосистемою. Струм відключення  $I_{відкл}$  порівнюється зі струмом КЗ  $I_k$ , і звідси визначається опір  $x_c$  (при живленні КЗ від енергосистеми, потужність якої значно перевищує потужність силових трансформаторів цеху, в результаті незмінності напруги на шинах системи амплітуда періодичної складової струму короткого замикання в часі не змінюється і її діюче значення протягом усього процесу КЗ також залишається незмінним, тобто  $I_k = I_{n0}^{(3)} = I_{nt}^{(3)} = I_{n\infty}^{(3)}$ ).

Визначення опорів системи в іменованих одиницях:

$$x_c = \frac{U_{cp}}{\sqrt{3}I_k}, \text{ або } x_c = \frac{U_{cp}^2}{S_k},$$

$x_c$ , що призведене до ступеня нижчої напруги:

$$x_c = \frac{U_{cp}^2}{S_k} \cdot \frac{U_{nn}^2}{U_{вн}^2}, \quad (26)$$

де  $S_k$  – потужність відключення вимикача за каталогом, встановленим на з'єднанні підстанції підприємства до системи;

$I_k$  – струм КЗ енергосистеми, приведений до напруги  $U_{cp}$  ( $I_k = I_{відкл}$ ).

Як свідчать розрахунки, сумарний опір ланки струму КЗ значною мірою визначається опором цехового трансформатора. Це визначає наступні особливості режимів роботи цехових трансформаторних підстанцій:

- 1) паралельна робота двох цехових трансформаторів практично подвоює потужності КЗ, що підвищує вимоги до стійкості електромереж і комутаційної апаратури на боці до 1кВ;
- 2) ріст одиничної потужності цехових трансформаторів (застосування трансформаторів 1600 і 2500 кВ·А) веде до збільшення струмів КЗ у мережі до 1кВ і ставить більш тверді вимоги до цехових мереж з точки зору стійкості до дії струму КЗ.

Повний активний та індуктивний опори цехового трансформатора приведені до ступеня нижчої напруги, виражені формулами в *тОм*,

$$z_{mp} = \frac{u_k (\%) \cdot U_{н.мп}^2}{S_{н.мп}} 10^4, \quad (27)$$

$$r_{mp} = \frac{\Delta P_k \cdot U_{н.мп}^2}{S_{н.мп}^2} 10^6, \quad (28)$$

$$x_{mp} = \sqrt{z_{mp}^2 - r_{mp}^2}, \quad (29)$$

де  $u_k(\%)$  - напруга короткого замикання, %;

$S_{н.мп}$  – номінальна потужність трансформатора, *кВ·А*;

$\Delta P_k$  – втрати короткого замикання в трансформаторі, *кВт*;

$U_{н.мп}$  – номінальна напруга на боці низької напруги трансформатора, *кВ*.

Перехідний опір у мережі до 1кВ можна зобразити у вигляді двох складових:

$$R_{пер} = R_{пер1} + R_{пер2}$$

де  $R_{пер1}$  – сумарний опір усіх перехідних контактів, струмових обмоток вимикачів, реле й обмоток трансформаторів струму, *тОм*;

$R_{пер2}$  – опір дуги в місці КЗ, *тОм*.

Сумарний опір  $R_{пер1} = R_k + R_a + R_{т.мп}$ ,



де  $R_k$  – перехідний опір контактної з'єднання струмоведучих шин,  $m\Omega$ ;

$R_a$  – опір автоматичних вимикачів, що складаються з опору котушок роз'єднувачів і перехідного опору контактів,  $m\Omega$ ;

$R_{m.tr}$  – опір обмоток трансформаторів струму. Сумарний опір визначається номінальними струмами вимикача, трансформатора струму і не залежить від їхнього типу,  $m\Omega$ .

Опір дуги в місці КЗ  $R_{nep2}$ , можна визначити за формулою:

$$R_{nep2} = E_{\delta} l_{\delta} / I_k,$$

де  $E_{\delta}$  – напруженість електричного поля в місці горіння дуги, яку можна взяти такою, що дорівнює  $1,5 \text{ В/мм}$ ;

$l_{\delta}$  – довжина дуги,  $мм$  (дорівнює подвоєній відстані між фазами мережі в місці КЗ);

$I_k$  – струм трифазного КЗ,  $A$ .

У практичних розрахунках можна користуватися значеннями  $R_{nep}$ , наведеними в табл.3 для характерної схеми мережі до 1кВ.

При апроксимації результатів, наведених у табл.3, отримана формула для визначення сумарного перехідного опору при КЗ у точках К<sub>2</sub>- К<sub>4</sub> (рис.3)

$$R_{nep} = (2,5\sqrt{S_{n.tr}} \cdot K^2 + 320a) / S_{n.tr}, \quad (30)$$

де  $S_{n.tr}$  – номінальна потужність трансформатора цехової ТП,  $кВ \cdot A$ ;

$a$  – відстань між фазами мережі в місці КЗ,  $мм$ ;

$K$  – коефіцієнт ступеня КЗ [7].

Для первинних цехових розподільних щитів і пунктів, а також на затискачах апаратів, що живляться по радіальних лініях від щитів чи підстанцій головних магістралей,  $K=2$ ; для вторинних цехових розподільних пунктів і шаф на затискачах апаратів, що живляться від первинних розподільних пунктів,  $K=3$ ; для апаратури, яка встановлюється безпосередньо в ПЕЕ, що живляться від вторинних розподільних пунктів,  $K=4$ . При магістральній схемі цехової

мережі перехідні опори визначають по формулі (30), а при радіальній  $R_{пер.p} \approx 1,5R_{пер}$

Таблиця 3 - Перехідні опори в мережі до 1кВ

Потужність трансформатора, кВ·А	Значення перехідних опорів $R_{пер}$ , $m\Omega$			
	K1	K2	K3	K4
160	6.1 - 10.5	16.3 – 19.1	28.06 – 30.1	75.1 - 88.1
250	4.8 – 6.9	10.6 – 12.7	18.3 – 20.3	49.1 – 58.1
400	3.7 - 5.3	8.14 - 9.8	14.08 – 15.6	37.76 – 44.7
630	2.8 – 4.07	6.26 – 7.53	10.8 – 12.0	29.0 – 34.38
1000	1.85-2.67	4.07- 4.92	7.09-7.79	18.38-22.37
1600	1.18-1.7	2.72-3.81	4.51-5.27	12.01-15.95
2500	0.9-1.42	1.86-3.01	3.62-4.59	6.92-9.26

При розрахунку струмів КЗ до ланцюга короткого замикання вводяться також індуктивні опори трансформаторів струму і котушок максимального

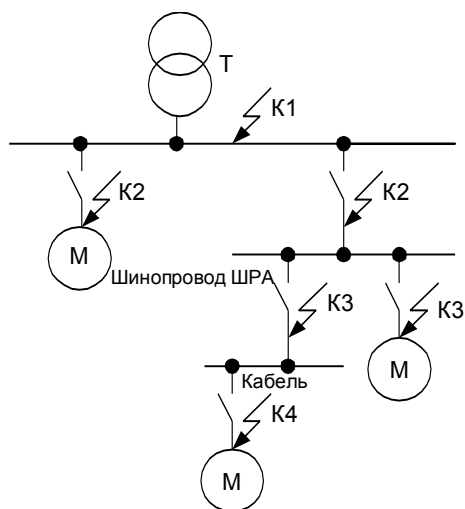


Рис. 3 - Характерна схема цехової електричної мережі для розрахунку струмів КЗ

струму автоматичних вимикачів, значення яких беруть за довідковими чи заводськими даними.

Обчислення струмів короткого замикання здійснюється для вибору і перевірки струмоведучих пристроїв і апаратів цехової мережі на стійкість дії КЗ. Надійність роботи розчіплювача перевіряють за струмом КЗ у відповідній точці ланцюга, що захищається. У мережах з ізолюваної нейтраллю чутливість

електромагнітного розчіплювача АВ перевіряють за кратністю струму

двофазного КЗ ланцюга, що захищається, до струму вставки електромагнітного розчіплювача; у мережах із глухозаземленою нейтраллю – за кратністю однофазного струму КЗ.

Перевірка на динамічну стійкість до струмів КЗ здійснюється за максимальним миттєвим значенням ударного струму КЗ через півперіоду (0.01 с). При цьому місце КЗ знаходиться безпосередньо після апарата, що перевіряється (див. п.3.6.).

Перетворення схеми заміщення найчастіше зводиться до визначення сумарного опору кола КЗ шляхом додавання послідовно з'єднаних активних та індуктивних опорів  $n$  елементів, тому що у мережі до 1кВ має місце однобічне живлення:

$$x_{\Sigma} = \sum_{i=1}^n x_i; r_{\Sigma} = \sum_{i=1}^n r_i. \quad (31)$$

Незалежно від режиму нейтралі в цехових мережах, найбільш важким режимом є трифазне КЗ. Діюче значення періодичної складової трифазного струму КЗ [2] без урахування впливу безпосередньо приєднаних асинхронних електродвигунів знаходиться за формулою

$$I_{n.o}^{(3)} = \frac{U_{cp}}{\sqrt{3}\sqrt{r_{\Sigma}^2 + x_{\Sigma}^2}}. \quad (32)$$

Діюче значення періодичної складової однофазного струму КЗ без урахування впливу безпосередньо приєднаних асинхронних електродвигунів знаходиться за формулою

$$I_{n.o}^{(1)} = \frac{\sqrt{3} \cdot U_{cp}}{\sqrt{(2r_{1\Sigma} + r_{0\Sigma})^2 + (2x_{1\Sigma} + x_{o\Sigma})^2}}, \quad (33)$$

де  $r_{1\Sigma}$  і  $x_{1\Sigma}$  - сумарний активний та індуктивний опори прямої послідовності кола КЗ;

$r_{0\Sigma}$  і  $x_{o\Sigma}$  - сумарний активний та індуктивний опори зворотної послідовності.

Значення опору нульової послідовності основних елементів мережі напругою до 1000 В наведені в [8].

**Ударний струм трифазного КЗ** визначається за формулою

$$i_{y\partial} = i_{y\partial}^{(3)} = \sqrt{2}I_{n0}^{(3)}(1 + e^{-0,01/T}) = \sqrt{2}I_{n0}^{(3)}k_{y\partial}, \quad (34)$$

де  $T_a$  - стала часу згасання аперіодичної складової струму КЗ;

$k_{y\partial}$  - ударний коефіцієнт для часу  $t = 0,01c$ .

Стала часу  $T_a$  визначається виразом:

$$T_a = \frac{x_\Sigma}{\omega r_\Sigma}, \quad (35)$$

де  $x_\Sigma$  і  $r_\Sigma$  - відповідно сумарний індуктивний і активний опори схеми від джерела живлення до місця КЗ.

Значення  $k_y$  у мережах до 1кВ менше, ніж у мережах вище 1кВ, через великий активний опір ланцюга КЗ, що викликає швидке згасання аперіодичної складової струму КЗ. Значення ударного коефіцієнта можна визначити за спеціальними кривими або розрахунком залежно від відношення  $x_\Sigma/r_\Sigma$  чи постійної часу згасання аперіодичної складової  $T_a = x_\Sigma / (\omega r_\Sigma)$ .

У наближених розрахунках при визначенні  $I_y$  на шинах цехових ТП потужністю 400-1000 кВ·А можна брати  $k_y = 1.3$ , а для більш віддалених точок мережі  $k_y \approx 1$ .

**Вплив асинхронних двигунів**, підключених безпосередньо до місця КЗ, можна орієнтовно врахувати збільшенням значення  $I_{n.o}$  на  $4I_{\partial\partial}$  ( $I_{\partial\partial}$  – сумарний номінальний струм двигунів), значення  $i_{y\partial}$  на  $(4-7)I_{\partial\partial}$ .

При визначенні струмів КЗ у мережах напругою до 1кВ варто враховувати, що цехові ТП випускаються комплектними і їхнє устаткування (шафи високої та низької напруги з встановленими в них вимикачами, трансформаторами струму, шинами й іншими елементами) розраховане на тривалий номінальний режим роботи і відповідає вимогам стійкості до струмів КЗ у мережі низької напруги трансформатора даної потужності. Якщо в цеховій електричній мережі застосовуються комплектні магістральні й розподільні шинопроводи, то підбір їх за номінальним струмом дозволяє, як правило, задовольняти і вимогам стійкості до дії струму КЗ.

### 3.6 Вибір апаратів розподільної мережі цеху

Апарати напругою до 1000 В (автоматичні вимикачі, контактори, рубильники) вибирають за номінальними напругою  $U_n$  і струмом  $I_n$ , струмом відключення  $I_{відкл}$ , і перевіряють на динамічну стійкість до струмів КЗ  $i_{н.дин}$ .

Умови вибору і перевірки апаратів напругою до 1000 В [5]:

- напруга, У,  $U_n \geq U_{н.у.}$  ;
- тривалий струм, А,  $I_n \geq I_{р,ускл.реж}$  ;
- припустимий струм відключення, кА,  $I_{відкл} \geq I_{н.о.}^{(3)}$  (для автомата),  
 $I_{відкл} \geq I_{р,ускл.реж}$  (для рубильника);
- припустима потужність відключення, МВт,  $P_{відклдоп} \geq P_{відкл}$  (для контактора);
- ударний струм електродинамічної стійкості, кА,  $i_{н.дин} \geq i_{уд}$  (для автомата і рубильника);

де  $U_{н.у.}$  - номінальна напруга установки, У;

$I_{н.о.}^{(3)}$  - початкове діюче значення періодичної складової трифазного струму КЗ, кА (формула (32));

$i_{уд}$  - миттєве значення ударного струму КЗ (на виході апарата) через півперіоду (0.01 с), кА [2] .

При виборі автоматичного вимикача (АВ) струм уставки електромагнітного розчіплювача беруть на 20 – 30% вище найбільшого струму короткочасного перевантаження (наприклад, пуску двигунів). Струм уставки теплового розчіплювача відстроюється від струму навантаження в ускладненому режимі  $I_{р,ускл.реж}$  з запасом на 25 – 50%.

Надійність роботи розчіплювача перевіряють за струмом КЗ, що проходить через розчіплювач, у самій вилученій точці ланцюга, що захищається. У мережах з ізольованою нейтраллю чутливість електромагнітного розчіплювача АВ перевіряють за кратністю струму двофазного КЗ ланцюга, що наприкінці захищається, до струму вставки електромагнітного розчіплювача; у мережах із

глухозаземленою нейтраллю - за кратністю однофазного  $I_{n.o.}^{(1)}$  струму КЗ (формула (33)).

Відповідно до п.1.7.79 ПУЕ, у мережах із глухозаземленою нейтраллю до 1000 В однофазний струм КЗ повинен перевищувати не менше ніж:

у 3 рази номінальний струм плавкої вставки найближчого запобіжника;

у 3 рази номінальний струм нерегульованого розчіплювача чи вставку струму регульованого розчіплювача АВ, що має **обернено залежну від струму характеристику**;

у 1.1 уставки струму миттєвого спрацьовування для АВ, що має тільки електромагнітний розчіплювач (**відсічення**), за відсутності заводських даних для АВ з номінальним струмом до 100 А кратність струму КЗ відносно вставки варто брати не менше 1.4, а для АВ з номінальним струмом більше 100 А – не менше 1.25;

## ЛИТЕРАТУРА

1. Федоров А.А., Старков Л.Е. Учебное пособие для курсового и дипломного проектирования по электроснабжению промышленных предприятий: Учеб. пособие для вузов. –М.: Энергоатомиздат, 1987. –368 с.
2. Князевский Б.А., Липкин Б.Ю. Электроснабжение промышленных предприятий: Учебник для вузов. -М.: Высшая школа, 1986. –400 с.
3. Федоров А.А., Каменева В.В. Учебник для вузов. Основы электроснабжения промышленных предприятий. - М.: Энергия, 1984. –472 с.
4. Справочник по электроснабжению промышленных предприятий. Промышленные электрические сети /Под ред. А.А. Федорова и Г.В.Сербиновского. - М.: Энергия, 1980.
5. Справочник по электроснабжению промышленных предприятий: Проектирование и расчет /А.С. Овчаренко и др. –К.: Техніка, 1985. –279 с.
6. Справочник по электроснабжению промышленных предприятий /Под общ. ред. А.А. Федорова, Г.В. Сербиновского: В 2 кн. Кн.1. -М.: Энергия, 1973; Кн.2. - М.: Энергия, 1974.
7. Кудрин Б.И. Электроснабжение промышленных предприятий. – М.: Энергоатомиздат, 1995.
8. Справочник по проектированию электроснабжения / Под ред. В.И.Круповича, Ю.Г. Барыбина, М.Л. Самовера. – М.: Энергия, 1980. – 456 с.
9. Пособие к курсовому и дипломному проектированию для электроэнергетических специальностей вузов: Учебное пособие / Под ред В.М. Блока. –М.: ВШ, 1990. –383 с.
10. Справочник энергетика промышленных предприятий/ Гольстрем В.А., Иваненко А.С. –Киев, Техніка, 1977. – 464 с.

## Довідкові матеріали для розрахунку електричних навантажень

Таблиця Д1.1- Коефіцієнт максимуму  $K_m$  для різноманітних коефіцієнтів використання  $K_u$  залежно від  $N_e$ 

Кількість ел. приймачів $N_e$	Коефіцієнт використання $K_u$									
	0,1	0,15	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
4	3,43	3,11	2,64	2,14	1,78	1,65	1,46	1,29	1,14	1,05
5	3,23	2,87	2,42	2	1,76	1,57	1,41	1,26	1,12	1,04
6	3,04	2,64	2,24	1,88	1,65	1,51	1,37	1,23	1,11	1,04
7	2,88	2,48	2,1	1,8	1,58	1,45	1,33	1,21	1,09	1,04
8	2,72	2,31	1,99	1,72	1,52	1,47	1,3	1,2	1,08	1,04
9	2,56	2,2	1,9	1,65	1,47	1,37	1,28	1,18	1,08	1,03
10	2,42	2,1	1,84	1,6	1,43	1,34	1,26	1,16	1,07	1,03
12	2,24	1,96	1,75	1,52	1,36	1,28	1,23	1,15	1,07	1,03
14	2,1	1,58	1,67	1,45	1,32	1,25	1,2	1,13	1,07	1,03
16	1,99	1,77	1,61	1,41	1,28	1,23	1,18	1,12	1,07	1,03
18	1,91	1,7	1,55	1,37	1,26	1,21	1,16	1,11	1,06	1,03
20	1,84	1,65	1,5	1,34	1,24	1,2	1,15	1,11	1,06	1,03
25	1,71	1,55	1,4	1,28	1,21	1,17	1,14	1,1	1,06	1,03
30	1,62	1,45	1,34	1,24	1,19	1,16	1,13	1,1	1,05	1,03
35	1,56	1,41	1,3	1,21	1,17	1,15	1,12	1,09	1,05	1,02
40	1,5	1,37	1,27	1,19	1,15	1,13	1,12	1,09	1,05	1,02
45	1,45	1,33	1,25	1,17	1,14	1,12	1,11	1,08	1,04	1,02
50	1,4	1,3	1,23	1,16	1,14	1,11	1,1	1,08	1,04	1,02
60	1,32	1,25	1,19	1,14	1,12	1,11	1,09	1,07	1,03	1,02
70	1,27	1,22	1,17	1,12	1,1	1,1	1,09	1,06	1,03	1,02
80	1,25	1,2	1,15	1,11	1,1	1,1	1,08	1,06	1,03	1,02
90	1,23	1,18	1,31	1,1	1,09	1,09	1,08	1,05	1,02	1,02
100	1,21	1,17	1,12	1,1	1,08	1,08	1,07	1,05	1,02	1,02
120	1,19	1,16	1,12	1,09	1,07	1,07	1,07	1,05	1,02	1,02



140	1,17	1,15	1,11	1,08	1,06	1,06	1,06	1,05	1,02	1,02
160	1,16	1,13	1,1	1,08	1,05	1,05	1,05	1,04	1,02	1,02
180	1,16	1,12	1,1	1,08	1,05	1,05	1,05	1,04	1,01	1,01
200	1,15	1,12	1,09	1,07	1,05	1,05	1,05	1,04	1,01	1,01
220	1,14	1,12	1,08	1,07	1,05	1,05	1,05	1,04	1,01	1,01
240	1,14	1,11	1,08	1,07	1,05	1,05	1,05	1,03	1,01	1,01
260	1,13	1,11	1,08	1,06	1,05	1,05	1,05	1,03	1,01	1,01
280	1,13	1,1	1,08	1,06	1,05	1,05	1,05	1,03	1,01	1,01
300	1,12	1,1	1,07	1,06	1,04	1,04	1,04	1,03	1,01	1,01

Таблиця Д1.2 - Технічні дані масляних двохобмоткових трансформаторів

Тип трансформаторів	Номін. Потужність, кВт	Номинальна напруга обмоток, кВ		Втрати, кВт		$U_{\kappa 3}$ , %	$I_{xx}$ , %
		ВН	НН	$\Delta P_{xx}$	$\Delta P_{\kappa 3}$		
Трансформатори 25-6300 кВА без регулювання напруг під навантаженням							
ТМ-25/6-10-65	25	6, 6.3, 10, 10.5	0.23, 0.4	0,125	0,6	4,5	3,2
ТМ-40/6-10-65	40	6, 6.3, 10, 10.5	0.23, 0.4	0,18	0,88	4,5	3
ТМ-63/6-10-66	63	6, 6.3, 10, 10.5	0.23, 0.4	0,265	1,28	4,5	2,8
МТ-100/6-10-66	100	6, 10	0.23, 0.4	0,365	1,97	4,5	2,6
ТМ-160/6-10-66	160	6, 10	0.23, 0.4	0,54	2,65	4,5	2,4
ТМ-250/6-10-66	250	6, 10	0.23, 0.4	1,05	3,7	4,5	2,3
ТМ-400/6-10-68	400	6, 10	0.23, 0.4	1,45	5,5	4,5	2,1
МТ-630/6-10-68	630	6, 10	0.23, 0.4	2,27	7,6	5,5	2
ТМ-1000/10	1000	6, 10	0.23, 0.4	3,8	12,7	5,5	3
ТМ-1600/10	1600	6, 10	0.23, 0.4	3,3	16,5	5,5	1,3
ТМ-2500/10	2500	10, 6	0.23, 0.4	6,2	25	5,5	3,5
МТ-4000/10**	4000	10, 6	0.23, 0.4	8,5	33,5	5,5	3
ТМ-6300/10А	6300	10	0.23, 0.4	12,3	46,5	6,5	3

Таблиця Д1.3 - Комплектні нерегульовані конденсаторні установки

Тип	Номинальна потужність, кВт*А	Габарити, мм			Маса
		Довжина	ширина	висота	
УК-0,38-75УЗ	75	700	560	1260	150
УК-0,38-150УЗ	150	700	560	1660	245
УКБ-0,38-150УЗ	150	580	460	1200	200
УКБ-0,38-300УЗ	300	580	460	1990	440

Таблиця Д1.4 - Комплектні конденсаторні установки з автоматичним регулюванням за напругою

Тип	Номинальна потужність	Габарити, мм			Маса
		довжина	ширина	висота	
УКН-0,38-75УЗ	75	700	560	1260	175
УКТ-0,38-75УЗ	75	700	560	1260	175
УКТ-0,38-108УЗ	108	700	560	1660	300
УКН-0,38-150УЗ	150	700	560	1660	300
УКТ-038-150УЗ	150	700	560	1660	300
УКЛ(П)Н-0,38-216-108УЗ	216	1920	530	1660	610
УКЛ(П)Н-0,38-324-108УЗ	324	2690	530	1660	875
УКЛ(П)Н-0,38-432-108УЗ	432	3320	530	1660	1145
УКЛ(П)-0,38-300-150УЗ	300	1920	530	1660	612
УКЛ(П)-0,38-450-150УЗ	450	2620	530	1660	880
УКЛ(П)Н-0,38-600-150УЗ	600	3320	530	1660	1150
УКЛ(П)Н-0,38-108-36УЗ	108	1220	560	1660	335
УКЛ(П)Н-0,38-216-36УЗ	216	1920	560	1660	575
УКЛ(П)Н-0,38-150-50УЗ	150	1220	560	1660	335
УКЛ(П)Н-0,38-300-50УЗ	300	1920	560	1660	575

Таблиця Д1.5 - Техніко-економічні характеристики кабелів

Робоча напруга, кв	Переріз жили, мм <sup>2</sup>	Тривало-припустиме струмове навантаження при прокл.		Втрати в одному кабелі при повному навантаженні, кВт/км	Довжина кабелю на 1% втрат напр.
		у повітрі	в траншеї		
Трижильні					
До 1	2,5	31	22	46	6
	4	42	29	53	7
	6	55	35	60	8
	10	75	46	67	9
	16	90	60	71	12
	25	125	80	75	14
	35	145	95	76	17
	50	180	120	77	20
	70	220	155	83	22
	95	260	190	83	26
	120	300	220	90	28
	150	330	255	90	31
	185	380	290	91	34
	240	440	330	95	38
Чотирижильні					
До 1	4	38	27	53	7
	6	46	35	60	8
	10	65	45	67	9
	16	90	60	60	12
	25	115	75	75	14
	35	135	95	72	17
	50	165	110	77	20
	70	200	140	83	22
	95	240	165	85	26
	120	270	200	90	28
	150	305	230	88	31
	185	345	260	91	34

Таблиця Д1.6 - Технічні дані ШМА

Характеристики	Тип шинопроводу			
	ШМА73УЗ	ШМА73ПУ 3	ШМА68-НУЗ	
Номінальний струм, А	1600	1600	2500	4000
Електродинамічна стійкість (амплітудне значення), кА, не менше	70	90	70	100
Термічна стійкість, кА	20	35	35	50
Опір на фазу, Ом/км: активний при температурі шин 20°C	0,031	0,031	0,02	0,013
індуктивний	0,022	0,022	0,02	0,015
Опір петлі фаза-нуль (повний), Ом/км	0,016	0,016	-	-
Лінійна втрата напруги на 100м при номінальному струмі (навантаження зосереджене у кінці лінії, $\cos\varphi=0,8$ ), В	11,5	11,5	13,5	16,5
Поперечний розріз прямої секції (ширина × висота), мм	300×160	300×160	444×215	444×295
Ступінь захисту	IP20	IP20	IP20	IP20
Типи автоматичних вимикачів, встановлених у відгалужувальних секціях	A3734C, 4000A, 660B, A3744C, 630A, 660B, A3736Φ, 400A, 380B, A3736Φ, 630A, 380B	-	-	-

Таблиця Д1.7 - Технічні дані автоматів серії “Електрон”

Тип	Номіналь- ний струм, А	Комутаційна здатність , кА						Одно секунд- на термічна стійкість, кА
		Змінний струм				Постійний струм		
		380 В	660 В	220 В	440 В	220 В	440 В	
		$I_{\text{ннт}}$	$I_{\text{відкл}}$	$I_{\text{ннт}}$	$I_{\text{відкл}}$	$I_{\text{ннт}}$	$I_{\text{відкл}}$	
Э04	600	50	5	35	15	35	25	437
Э10	1000	84	40	70	30	50	40	1100
Э16	1600	84	40	70	30	55	45	1850
Э25	2500	100	45	70	35	55	45	4500
Э40	4000	160	65	104	50	65	55	11500

Таблиця Д1.8 - Технічні дані ШРА

Характеристики	Тип шинопроводу			
	ШРА73УЗ		ШРМ73УЗ	
Номинальний струм	250	400	630	100
Електродинамічна стійкість (амплітудне значення), кА, не менше	15	25	35	10
Термічна стійкість, кА	7	10	14	7
Опір на фазу, Ом/км:				
Активний	0,21	0,15	0,10	0,8
Індуктивний	0,21	0,17	0,13	0,78
Поперечний перетин, мм	260*80	284*95	284*125	70*80
Ступінь захисту	IP32	IP32	IP32	IP32
Типи комутуючої апаратури, встановленої у відгалужувальних коробках Запобіжники Автоматичні вимикачі (струм А)	ПН2-100 А3710(160) А3120(100) АЕ2050(100)	ПН2-100 А3710(160) А3720(350) А3120(100) АЕ2050(100)	ПН2-100 А3710(160) А3720(350) А3120(100) АЕ2050(100)	На ток 25А  АЕ2033 (25)

Таблиця Д1.9 - Технічні дані запобіжника типу ПН

Тип	Номинальна напруга, В	Номинальний струм, А		Номинальний струм відключення (при напрузі 380 В) , кА
		Запобіж- ника	Плавкої вставки	
НПН-60	500	60	6,10,15,20	10
ПН2-100	380 , 220	100	25,30,40,60	50
ПН2-250	380 , 220	250	30,40,50,60,80,100	40
ПН2-400	380 , 220	400	200,250,300,400	25
ПН2-600	380 , 220	600	300,400,500,600	25

Таблиця Д1.10 - Технічні дані пунктів СП,СПУ.

Тип шафи та її виконання		Номінальний струм шафи,А	Кількість відхідних ліній та номінальний струм запобіжників, А	Розміри (висота* ширина*глибина),мм
відкрите	закрите			
СП62-1/1	СПУ62-1/1	250(для СП)	5*60	1715*500*380
СП62-2/1	СПУ62-2/1	175(для СПУ)	2*60+3*100	
СП62-3/1	СПУ62-3/1		5*100	
СП62-4/1	СПУ62-4/1	400(для СП)	4*250	1715*700*380
СП62-5/1	СПУ62-5/1	280(для СПУ)	8*60	
СП62-6/1	СПУ62-6/1		4*60+4*100	
СП62-7/1	СПУ62-7/1		8*100	
СП62-8/1			2*60+4*100+2*250	
СП62-9/1	СПУ62-9/1		5*100+2*50	
СП62-10/1			6*250	

Таблиця Д1.11 - Технічні дані шаф ШРСУ.

Тип	Ступінь захисту	Номинальний струм шафи, А	Кількість ліній, що відходять, і номінальний струм запобіжників, А	Розміри(висота *ширина*глибина),мм
ШРС1-20У3	IP 22	250	5*60	1600*500*380
ШРС1-50У3	IP 54	175	5*60	
ШРС1-21У3	IP 22	250	5*100	
ШРС1-51У3	IP 54	175	5*100	
ШРС1-22У3	IP 22	250	2*60+3*100	1600*700*580
ШРС1-52У3	IP 54	175	2*60+3*100	
ШРС1-23У3	IP 22	400	8*60	
ШРС1-53У3	IP 54	280	8*60	
ШРС1-24У3	IP 22	400	8*100	
ШРС1-54У3	IP 54	280	8*100	
ШРС1-25У3	IP 22	400	4*60+4*100	
ШРС1-55У3	IP 54	280	4*60+4*100	
ШРС1-26У3	IP 22	400	5*250	
ШРС1-56У3	IP 54	280	5*250	
ШРС1-27У3	IP 22	400	5*100+2*250	
ШРС1-57У3	IP 54	280	5*100+2*250	
ШРС1-28У3	IP 22	400	2*60+4*100+2*250	
ШРС1-58У3	IP 54	280	2*60+4*100+2*250	

Таблиця Д1.12 - Технічні дані автоматів типу АВМ

Дані автоматичного вимикача		Уставки струму спрацьовування максимального розчіплювача, А	
Тип і номінальний струм , А	Номинальний струм котушки максимального розчіплювача, А	На шкалі назад залежної від струму характеристики	На шкалі незалежній від струму характеристики (відсічення)
АВМ-4Н,400	120	-	100 , 150 , 200
	150	-	150 , 225 , 300
	250	-	250 , 375 , 500
	400	-	400 , 600 , 800

ABM-4C,400	120	150 , 250	960 , 1300
	150	190 , 300	1200 , 1650
	250	250 , 400	1600 , 2200
	250	310 , 500	2000 , 2750
	300	375 , 600	2400 , 3300
	400	500 , 800	3200 , 4400
ABM-10H,1000	600	-	600 , 900 , 1200
	800	-	800 , 1200 , 1600
	1000	-	1000 , 1500 , 2000
ABM-10C,1000	500	625 , 1000	4000 , 5500
	600	750 , 1200	4800 , 6600
	800	1000 , 1600	6000 , 8000
	1000	1500 , 2000	8000 , 10000
ABM-15H,1500	1000 , 1200	-	1000 , 1500 , 2000
	1500	-	1500 , 2200 , 3000
ABM-15C,1500	1000	1250 , 2000	8000 , 10000
	1200	1500 , 2400	8000 , 10000
	1500	1800 , 3000	8000 , 10000
ABM-20H,2000	1000	-	1500 , 2000
	1200	-	1500 , 2400
	1500	-	1800 , 3000
	2000	-	2500 , 4000
ABM-20C,2000	1000	1250 , 2000	8000 , 10000
	1200	1500 , 2400	8000 , 10000
	1500	1800 , 3000	8000 , 10000



Таблиця Д1.13 - Технічні дані автоматів серії А3700

Вид захисту	Тип автоматичного вимикача	Номинальний струм, А	Регульований номінальний струм напівпровідн. пристрою захисту, А	Нерегульована	
				Змінний струм, А	Постійн. струм, А
Струмо обмежувачий	А3710Б	160	20-40 40-80 80-160	1600	960
			Немає	400 630 1000 1600	6000 750 960
	А3720Б	250	160-250	2500	1500
			Немає	1600 2000 2500	960 1200 1500
	А3730Б	400	160-250 250-400	4000	2400
			Немає	2500 3200 4000	2400
	А3740Б	630	250-400 400-630	6300	3800
			Немає	4000 5000 6300	3800
Вибірковий	А3730С	400	160-250 250-400	Немає	Немає
	А3740С	630	250-400 400-630	Немає	Немає

Таблиця Д1.14 - Автоматичні вимикачі серії АЕ2000 та “Електрон”

Тип	Номинальний струм автомата , А	Номинальний струм розчіплювача , А	Уставка на струм миттєвого спрацьовування , А
АЕ2036	25	0,6-25	192-300
АЕ2046	63	10-63	192-300
АЕ2056	100	16-100	192-300
АЕ2056	100	20-25	240-300
АЕ2046	63	32-63	384-756
АЕ2056	100	32-100	384-1200
Э0613	630	250,400,630	200-4410
Э16В	1600	630,1000,1250,1600	504-11200
Э25В	2500	1600,2000,2500	1280-17500
Э40В	5000	2500,3200,4000,500	2000-25000

Таблиця Д1.15 - Технічні дані автоматів серії “Електрон”

Тип	Номіналь- ний струм, А	Комутаційна здатність , кА						Одно секунд- на термічна стійкість, кА
		Змінний струм				Постійний струм		
		380 В	660 В	220 В	440 В	220 В	440 В	
		$I_{\text{н\textit{ит}}}$	$I_{\text{в\textit{ідкл}}}$	$I_{\text{н\textit{ит}}}$	$I_{\text{в\textit{ідкл}}}$	$I_{\text{н\textit{ит}}}$	$I_{\text{в\textit{ідкл}}}$	
Э04	600	50	5	35	15	35	25	437
Э10	1000	84	40	70	30	50	40	1100
Э16	1600	84	40	70	30	55	45	1850
Э25	2500	100	45	70	35	55	45	4500
Э40	4000	160	65	104	50	65	55	11500

Таблиця Д1.16 - Розрахунок максимальних електричних навантажень

Найменування вузлів живлення і груп ПЕЕ	Кількість ПЕЕ працюючих/резерв., n	Установлена потужність при ПВ=100%, кВт		$m = P_{н\text{ макс}} / P_{н\text{ хв}}$	$K_{\epsilon}$	$\frac{Cjs\varphi}{tg\varphi}$	$P_{сп} = K_{и} P_{н}, \text{ кВт}$	$Q_{сп} = P_{сп} tg\varphi_{сп}, \text{ кВАр}$	$N_{еф} = 2 \sum P_{н} / P_{наиб}$	$K_M$	$P_p = K_M P_{см}, \text{ кВт}$	$Q_p = (Q_{см} \text{ або } 1.1 Q_{см}) \text{ кВАр}$	$S_p = (P_p^2 + Q_p^2)^{0.5} \text{ кВА}$	Розрахунковий струм $I_p$ , А
		Одного ПЕЕ (найбільшого й найменш.), $P_{н}$	Загальна, $P_{н}$ Робіт./резерв.											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Секція №1 щита 0.4кв														
Верстати	6	0.9-15	42.9	-	0.2	0.6/1.33	8.5	11.4	-	-	-	-	-	-
Таль	9	0.6	24	-	0.5	0.6/1.33	12	16	-	-	-	-	-	-
Зварювальна уст.	3	46	138	-	0.35	0.55/1.51	26.9	40.6	-	-	-	-	-	-
Разом	18	0.9-46	204.9	>3	0.2	0.53/1.62	47.4	68	11	1.8	85	68	-	-
Вентилятори	7	15-80	269.4	-	0.8	0.8/.76	215.5	163.8	-	-	215.5	163.8	-	-
Усього по секції №1	25	-	474.3	-	-	-	262.9	231.8	-	-	300.5	231.8	380	550

## Завдання до курсового проектування

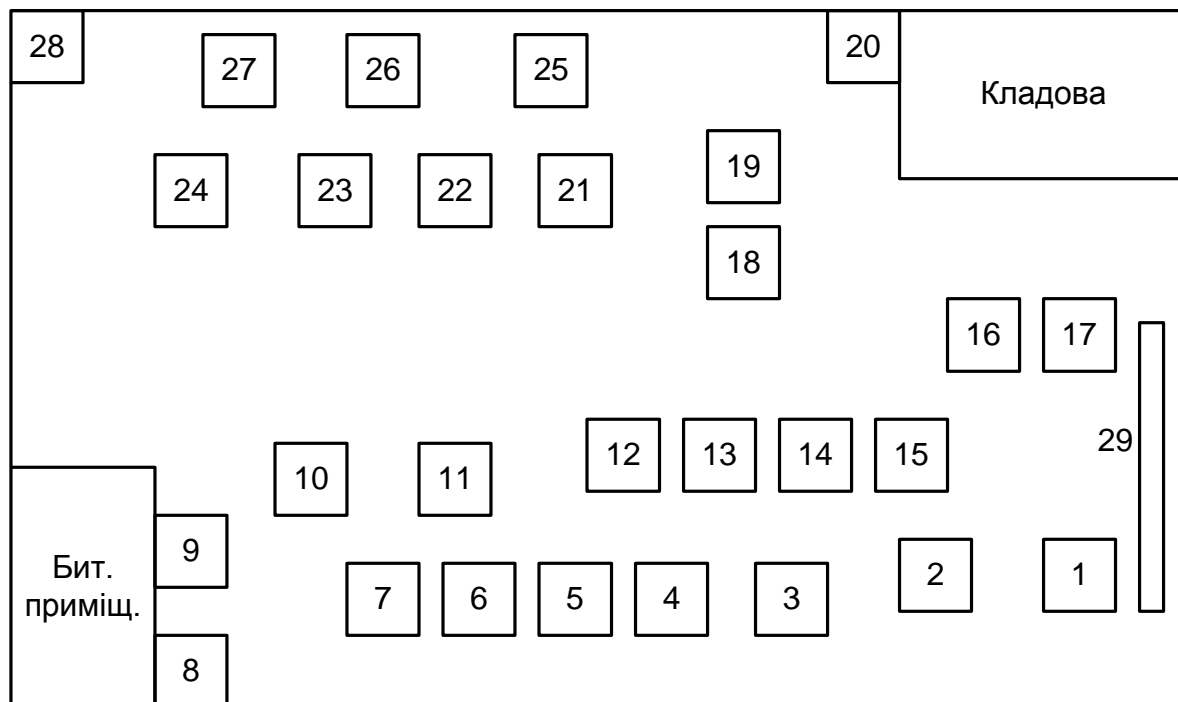


Рис. Д2.1 - План ремонтно-механічного цеху. Довжина цеху 100м

Таблиця Д2.1 - Електричні навантаження ремонтно-механічного цеху

Номер на плані	Найменування електроприймача	Номінальна потужність ЕП, кВт									
		Варіант									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1-2	Шліфувальний н/автомат	21	23	19	18	22	17	24	20	15	14
3-7	Поперечно-струг. верстат	10	11	14	18	9	7	12	13	8	15
8-9	Універсально-заточувальн.	3	7	4	6	5	8	9	3.5	5	10
10-11	Вертикально-фрезерний вер.	12	9	6	7	10	11	8	5	6.2	9
12-15	Токарсько-гвинторізний вер.	4.5	3	2.8	4	6	5.2	2	5	3.8	7
16-17	Поверхньошліфувальний вер.	9.8	6	4.4	7	5.5	3	6.6	9	8.4	8
18-19	Ванна гальванічна	1.7	2	2.2	2	3.4	4	1.4	3	2.8	5
20	Прес гідравлічний	7	6	2	5	8	9	4	3	2.4	9
21-23	Горизонтально-фрезерний	3	9.4	5	7	3	6	2	4	4.8	8
24	Поверхньошліфувальний вер.	28	22	18	20	24	27	16	14	19	25
25-27	Радіально-свердильний верст.	7	6	3	10	9	8	11	4	12	10
28	Вентилятор	55	58	48	40	42	60	62	49	52	50
29	Кран-балка ПВ=25%	25	28	18	16	22	24	30	32	17	14

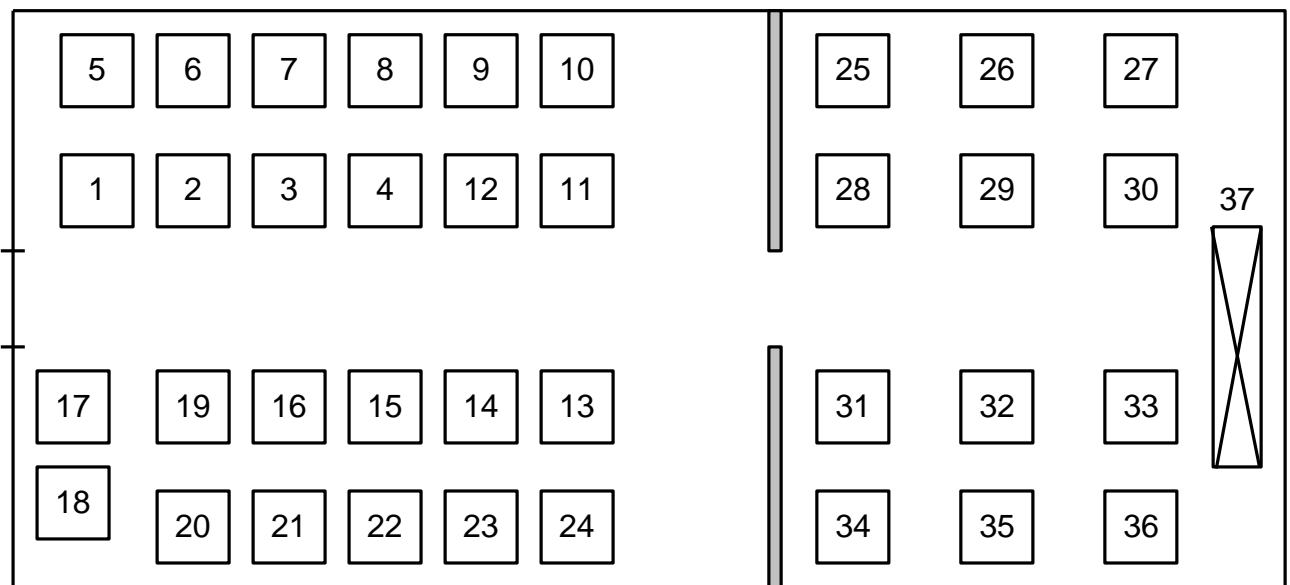


Рис. Д2.2 - План інструментального цеху. Довжина цеху 100м

Таблиця Д2.2 - Відомості про електричні навантаження інструментального цеху

Номер на плані	Найменування електроприймача	Номінальна потужність ЕП, квт									
		Варіант									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1-4	Електроерозійний верстат	29	30	25	37	22	33	38	35	20	22
5-9	Токарський верстат	15	10	18	19	14	17	15	20	23	11
10,11	Горизонтально-фрезерний	16	18	15	10	17	20	25	14	12	17
12	Прес гідравлічний	50	46	58	55	44	40	70	64	65	52
13	Токарський верстат з ЧПУ	30	29	45	40	35	28	33	44	40	52
14-16	Токарський верстат	20	15	25	28	30	29	31	24	26	28
17,18	Вертикально-свердлильний	16	10	12	14	15	9	18	14	20	22
19	Довбальний верстат	17	23	16	20	15	25	19	29	25	22
20-23	Фрезерний верстат	16	15	10	18	17	12	20	21	15	16
24	Прес механічний	50	60	70	40	65	58	55	62	75	62
25-27	Внутрішньошліфувальний	15	12	16	17	10	18	20	22	17	19
28-30	Поверхньошліфувальний вер.	19	22	18	10	22	17	15	12	16	18
31-36	Координатно-розточувальний	19	20	24	18	25	22	16	21	28	23
37	Кран-балка, ПВ = 40 %	40	30	50	45	60	29	35	75	60	55

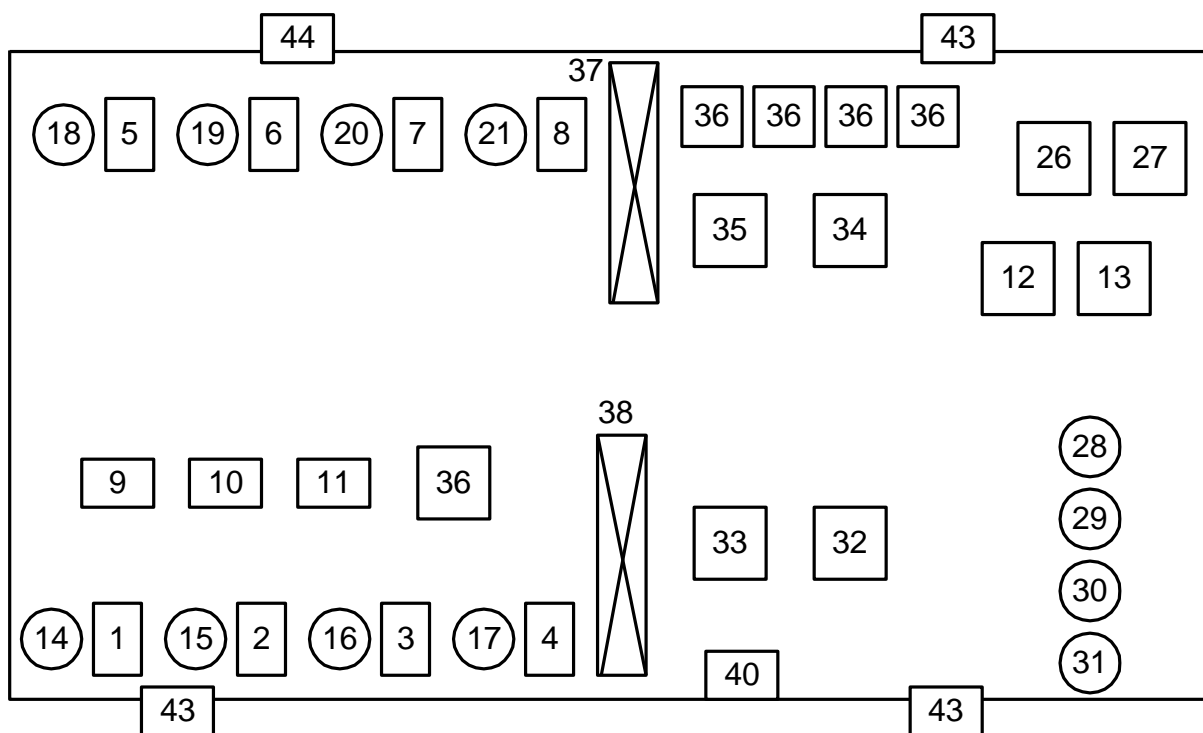


Рис. Д2.3 - План ливарного цеху. Довжина цеху 100м

Таблиця Д2.3 - Відомості про електричні навантаження ливарного цеху

на плані	Найменування електроприймача	Номінальна потужність ЕП, кВт									
		Варіант									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1-4	Литтєва машина	12	16	11	15	11	10	19	17	14	13
5-8	Литтєва машина	26	30	22	27	25	20	28	26	24	29
9-11	Очисний барабан	7	9	10	6	5	11	7	8	12	14
12-13	Електротермічна піч	30	50	33	34	42	40	38	26	22	36
14-21	Плавильна електропіч	55	47	40	64	58	50	60	45	62	66
22-25	Електротермічна піч	14	10	12	18	11	16	20	22	19	15
26-27	Сушильна шафа	2	3	5	6	9	1	7	4	8	10
28-31	Електрогартівна піч	9	7	11	13	5	6	8	10	13	4
32-33	Електротермічна піч	75	80	100	95	60	90	85	110	70	65
34-35	Електропіч індукційна	60	55	50	84	66	48	39	62	74	78
36	Голтувальний барабан	7	6	9	5	4	8	10	11	14	12
37-38	Кран-балка ПВ 40 %	10	9	8	12	6	15	7	15	8	11
40-44	Вентилятор	13	15	18	22	15	17	14	12	10	18

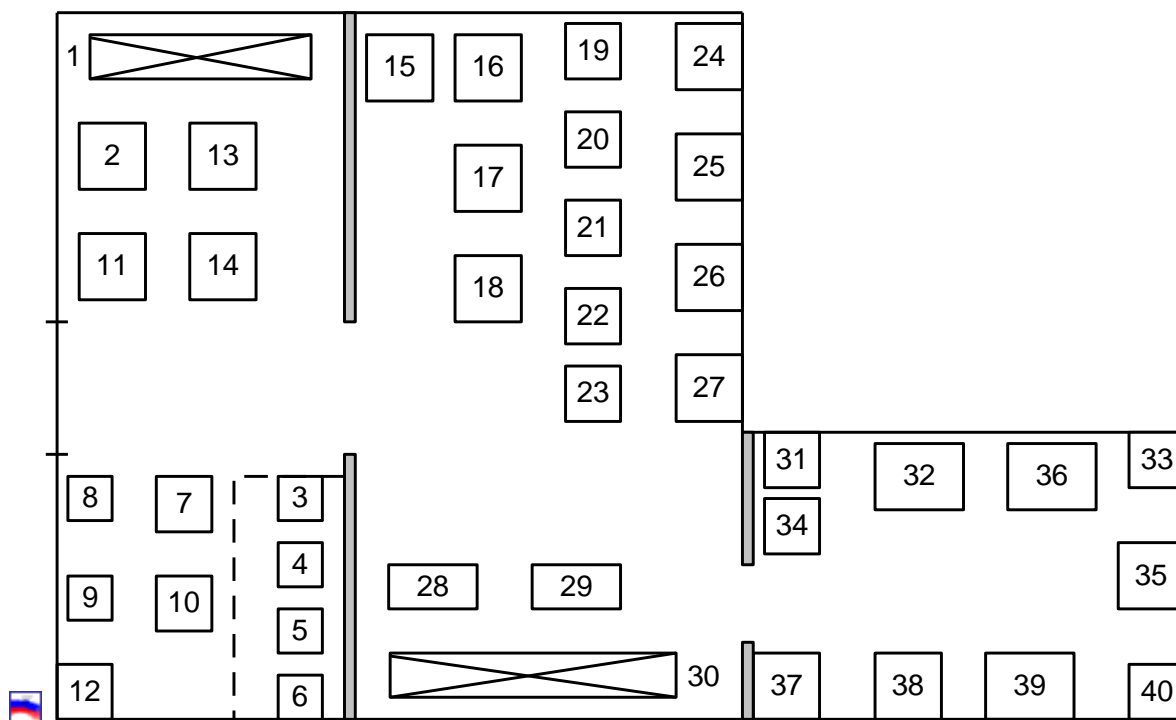


Рис. Д2.4 - План ковальського цеху. Довжина цеху 100м

Таблиця Д2.4 - Відомості про електричні навантаження ковальського цеху

Номер на плані	Найменування електроприймача	Номінальна потужність ЕП, кВт									
		Варіант									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1, 30	Кран-балка ПВ 40 %	40	30	50	24	15	20	34	28	40	20
2, 6, 18	Прес	60	50	40	40	50	60	32	50	70	40
11, 13, 14	Фрезерний верстат	8	12	6	7	10	9	14	8	16	7
7, 10	Трубозгинальний верстат	10	10	20	20	30	15	18	12	10	14
9, 26	Шліфувальний верстат	6	8	7	6	14	12	8	10	12	8
3, 4, 5, 8	Зварюв. тр-р ПВ=25%	20	20	20	40	40	50	50	50	40	40
12, 24, 31	Вентилятор	12	8	10	4	2	6	4	8	10	7
15, 27	Сушильна шафа	40	24	12	12	8	16	14	20	15	8
16, 17	Гартівна піч	30	30	28	20	20	40	100	60	50	40
19-23	Токарський верстат	18	12	6	10	6	17	9	14	15	6
25, 34, 37	Свердлильний верстат	4	6	5	8	11	7	4	10	16	4
28, 29	Електрованна	26	28	14	40	60	40	50	70	20	30
32, 36	Електромолот	22	12	44	60	40	70	30	34	19	25
38	Поворотний кран	6	8	7	9	5	8	7	10	6	5
33, 40	Вентилятор горна	10	14	12	12	14	19	20	10	20	15
35	Обдирний верстат	24	14	8	12	14	16	10	13	17	21
39	Нагрівальна плита	14	20	8	15	10	8	6	13	8	10

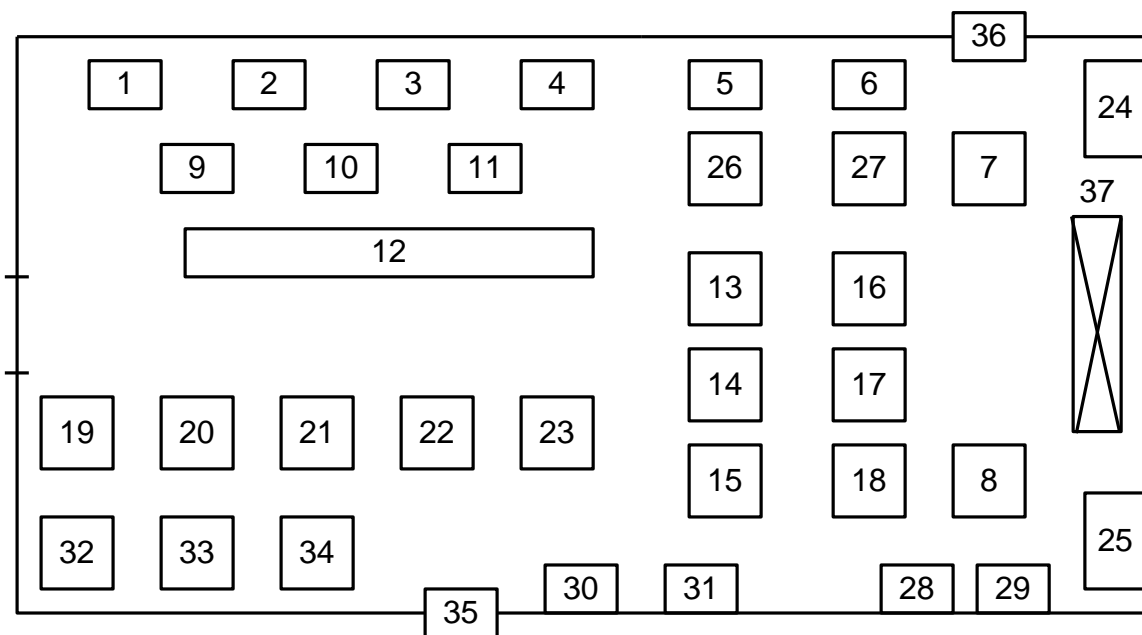


Рис. Д2.5 - План деревообробного цеху. Довжина цеху 100м

Таблиця Д2.5 - Відомості про електричні навантаження деревообробного цеху

Номер на плані	Найменування електроприймача	Номінальна потужність ЕП, кВт									
		Варіант									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1-4	Шліфувальний верстат	10	20	15	22	18	11	16	14	19	17
5-6	Свердлильний верстат	7	6	8	10	9	5	11	8.5	9	8
7-8	Сушильна шафа	60	55	40	65	70	38	44	50	39	35
9-12	Фугувальний верстат	21	27	19	15	17	16	20	22	24	18
13-15	Циркулярна пила	18	16	14	17	19	15	12	20	21	13
16-18	Прес	10	9	12	8	14	16	12	8	15	7
19-23	Токарський верстат	15	18	13	16	12	14	19	11	10	17
24-25	Полірувальний верстат	20	22	27	28	18	15	21	16	19	14
26-27	Фрезерний верстат	16	19	12	10	8	14	13	17	15	11
28-29	Установа для варіння клею	5	8	6	9	7	4	10	11	5.5	7.5
30-31	Зварювальний тр-р ПВ=40%	50	40	44	58	60	62	48	52	48	55
32-34	Точильний верстат	8	6	7	5	10	11	9	12	8.5	9
35-36	Вентилятор	10	9	8	6	7	8.5	5	11	6.5	8
37	Кран-балка ПВ 40 %	22	20	19	16	21	24	18	15	17	23



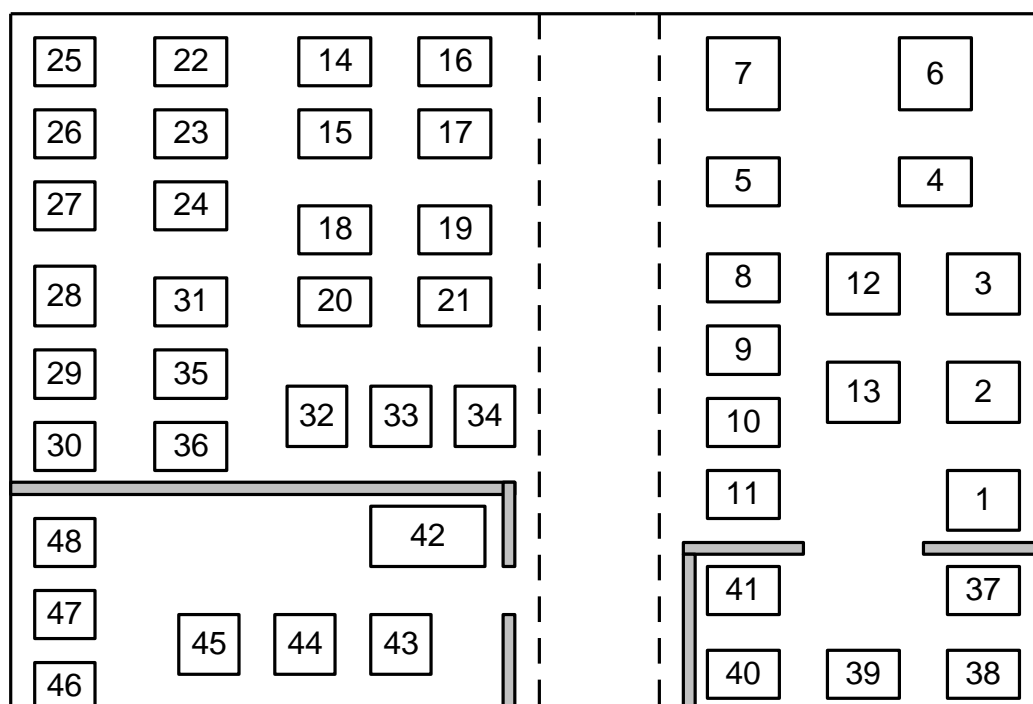


Рис. Д2.6 - План механічного цеху. Довжина цеху 100м

Таблиця Д2.6 - Відомості про електричні навантаження механічного цеху

Номер на плані	Найменування електроприймача	Номінальна потужність ЕП, кВт									
		Варіант									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1-3	Вертикально-фрезерний вер.	3	4	7	5	8	10	4	6	3	9
4-5	Фрезерний верстат з ЧПУ	12	14	10	16	20	17	15	18	12	22
6-7	Універсально-фрезерний вер	9	10	12	8	11	12	7	8	16	14
8-11	Токарно-револьверний вер.	2	4	5	3	6	4	7	5	2	9
12-13	Токарно-гвинторізний вер.	10	14	15	18	12	17	20	18	13	11
14-21	Настільно-свердлильний вер.	2	3	1.5	4	6	2.2	6	3	5	4
22-24	Різьбонарізний напівавтомат	0.5	1	2	3	2.2	3	4	1	1.2	3
25-26	Заточувальний верстат	4	2	3	7	5	9	10	6	1	7
27	Машина листозгинальна	15	18	12	20	22	19	21	17	16	14
28-31	Точильно-шліфувальний	3	2	6	1	7	5	4	8	9	11
32-34	Вертикально-свердлильний вер	2	5	1	7	3	9	8	4	1	6
35-36	Радіально-свердлильний вер.	3	8	10	11	9	6	7	12	5	4
37-38	Універсально-заточувальний	1	4	2	7	10	7	5	3	11	8
39	Поверхньошліфувальний	10	11	14	16	19	13	15	17	18	12
40-41	Полірувальний верстат	8	9	7	4	5	10	6	2	11	3
42	Машина зварювальна	5	8	6	10	9	7	4	11	4	9
43-48	Зварювальна кабіна	4	7	5	6	8	9	7	4	6	5

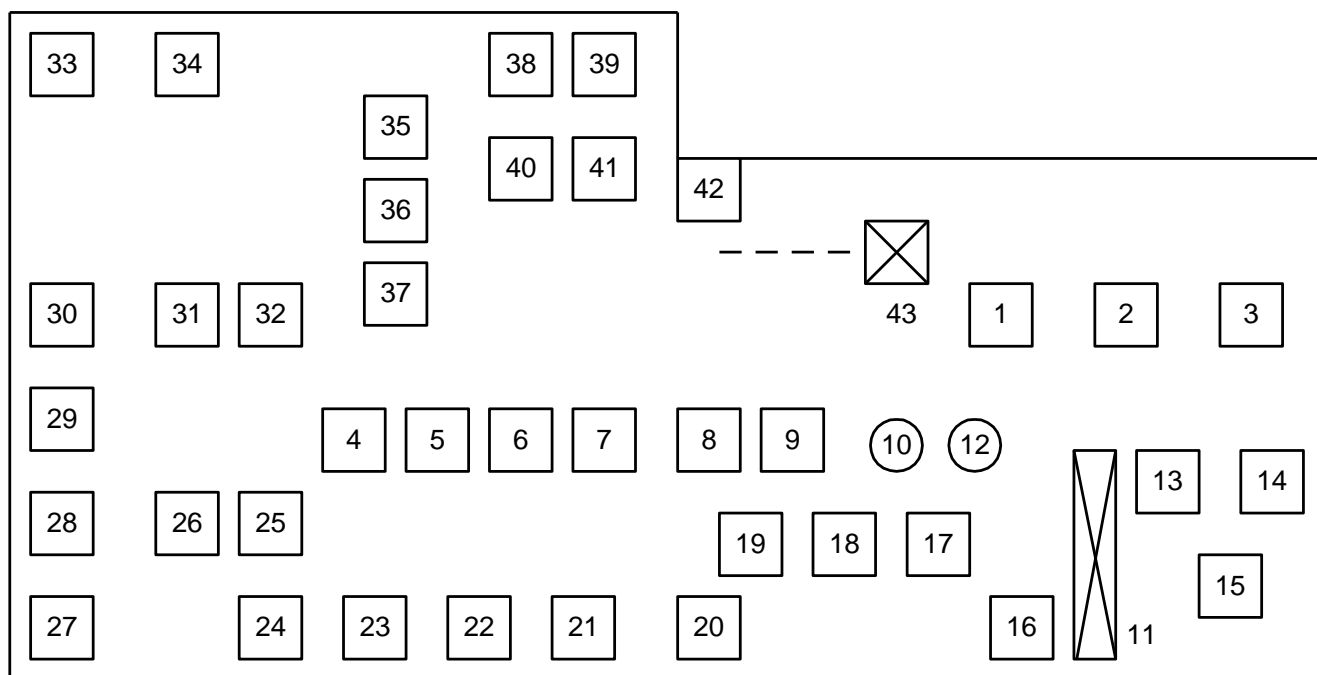


Рис. Д2.7 - План сокоочистительного цеху. Довжина цеху 100м

Таблиця Д2.7 - Відомості про електричні навантаження сокоочисного цеху

Номер на плані	Найменування електроприймача	Номінальна потужність ЕП, кВт									
		Варіант									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
I	Газовий насос	160	150	140	130	170	180	150	165	178	200
2	Вакуумний насос	125	130	150	100	110	120	135	140	144	160
3	Компресор	70	80	66	58	75	60	90	72	48	50
4-9	Центрифуга	55	52	48	40	45	35	30	38	42	44
10,12	Генератор-двиг.	100	110	130	120	140	150	125	135	145	155
11	Кран-балка 25 %	15	12	10	14	9	8	11	13	11	18
13-15	Насос	10	14	12	16	14	15	18	20	21	17
16-26	Насос	40	45	50	52	48	58	60	52	54	46
27-30	Дискові фільтри	5	4	7	6	4,5	8	5,5	9	6,2	7,5
31-32	Насос сиропу	50	60	30	44	42	55	52	62	48	40
33	Компресор	20	22	24	18	20	21	25	28	19	27
34	Мішалка	3	4	2	5	2,4	6	4,4	3	1,8	2,8
35-37	Насос сиропу	30	32	28	34	36	28	26	24	31	29
38-41	Фільтри	7	4	5	9	10	8	6	11	12	7
42	Транспортер	10	11	14	12	9	15	8	10	7	11
43	Тельфер	5	6	4	7	8	3	2,8	6	3,4	6

Методичні вказівки щодо виконання РГР з курсу «Основи електропостачання»,  
для студентів зі спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка і  
електромеханіка»

Укладач: Д.А. Шокар'юв.

Кафедра ЕС

Відповідальний за випуск \_\_\_\_\_

Харків 2018

